ERGEBNISSE DER AGRIKULTURCHEMIE

VORTRÄGE

DER FACHGRUPPE LANDWIRTSCHAFTS-CHEMIE

AUF DER 47. HAUPTVERSAMMLUNG DES

VEREINS DEUTSCHER CHEMIKER

IN KÖLN AM 24. UND 25. MAI 1934

HERAUSGEGEBEN VON

DR. F. ALTEN

UND

PROF. DR. M. TRÉNEL

3. BAND: 1934

MIT 52 TABELLEN UND 14 ABBILDUNGEN



1935

VERLAG CHEMIE, G. M. B. H., BERLIN

ERGEBNISSE DER AGRIKULTURCHEMIE

ERGEBNISSE DER AGRIKULTURCHEMIE

VORTRÄGE
DER FACHGRUPPE LANDWIRTSCHAFTS-CHEMIE
AUF DER 47. HAUPTVERSAMMLUNG DES
VEREINS DEUTSCHER CHEMIKER
IN KÖLN AM 24. UND 25. MAI 1934

HERAUSGEGEBEN VON
DR. F. ALTEN
UND
PROF. DR. M. TRÉNEL

3. BAND: 1934

MIT 39 TABELLEN UND 14 ABBILDUNGEN



1935

VERLAG CHEMIE, G. M. B. H., BERLI[N]

Printed in Germany

Druck: Märkische Druckanstalt G. m. b. H., Berlin N 65

INHALT

Die Agrikulturchemie im neuen Staat.

Von Prof. Dr. H. NIKLAS, München.

Die Agrikulturchemie nimmt von allem Anfang an eine ausgesprochene Mittelstellung zwischen den reinen Naturwissenschaften und der Landwirtschaft ein und hat als selbständige Wissenschaft stets versucht, eine Brücke zwischen diesen beiden zu schlagen. Suchen wir daher zunächst ein Bild von der Vergangenheit der Agrikulturchemie zu gewinnen.

Bereits die alten Kulturvölker haben sich mit der Landwirtschaft, die als das älteste und wichtigste Gewerbe bezeichnet werden kann, beschäftigt. Obwohl diese rein empirisch, lediglich auf die Erfahrung gestützt und ohne naturwissenschaftliche Erkenntnisse betrieben wurde, hatte man doch bereits Stoffe wie Holzasche, Gips, Mergel usw. zur Erhöhung der Pflanzenfruchtbarkeit zur Düngung verwendet. Trotzdem wurde noch im Mittelalter von Gelehrten die Meinung vertreten, daß die Pflanzen ihre Nahrung lediglich aus dem Wasser und der Luft beziehen, und bis zum Eintritt ins 19. Jahrhundert hatte man noch ganz unzulängliche und unrichtige Auffassungen über die Ernährung der Pflanzen und Tiere und die sich in diesen abspielenden Vorgänge. Immer hielt man noch daran fest, daß die sog. Lebenskraft dabei die entscheidende Rolle spiele. Die Synthese des Harnstoffs durch *Wöhler* war das erste Beispiel dafür, daß organische Stoffe auch auf künstlichem Wege herstellbar sein können.

Bevor uns die Chemie und ihre Schwesterwissenschaften nicht über die Vorgänge in der Pflanze und im Tier aufzuklären vermochten, war deren rationelle Erzeugung und Aufzucht nicht möglich. Daraus entstand der Lehrsatz, daß die Landwirtschaftslehre in der Hauptsache angewandte Naturwissenschaft sei. Diese schuf erstmalig Klarheit über die Vorgänge bei der Ernährung von Pflanze und Tier. In der Folge lernte man die Herstellung der künstlichen Düngemittel und die sachgemäße Verwendung gewerblicher Abfallstoffe für die Tierernährung kennen. Alles dies verdanken wir in der Hauptsache der Chemie, die hierdurch sowie durch das, was sie uns über rationelle Gewinnung und Anwendung auch der Wirtschaftsdünger lehrte, der Menschheit neue Wege zum Aufstieg erschloß. Das Kali aus den Staßfurter Lagerstätten, die Phosphorsäure aus den Phosphatlagern und der Stickstoff aus Chile brachten einen Strom des Reichtums und Segens mit sich. Die Anwendung der künstlichen Düngung

führte zu Erntesteigerungen, die den Bevölkerungszuwachs hinter sich ließen.

Die Chemie lehrt uns in der Bildung organischer Pflanzensubstanz unter Verwendung der Energie der Sonnenstrahlen einen Vorgang, der ebenso einzigartig als bedeutungsvoll ist, da ohne ihn jedes Leben und damit auch jedes menschliche Wirken unmöglich wäre. In der mit Chlorophyll ausgestatteten Pflanzenzelle gehen höchst verwickelte chemische und photochemische Vorgänge vor sich, die nur die wissenschaftliche Forschung zu deuten wußte. Aber erst in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts gelang es der Chemie, zu zeigen, daß die Pflanzen in der Hauptsache von der Kohlensäure der Luft leben und dabei Sauerstoff abgeben. Doch war man um diese Zeit immer noch in der Anschauung befangen, daß der Humus im Boden der wichtigste Pflanzennährstoff sei. Der bedeutendste Vertreter dieser sog. Humustheorie, *A. von Thaer*, der 1828 starb, hielt noch immer an dem Gedanken von der Wirkung der Lebenskraft fest. Ebenso war die so wichtige Stickstoffernährung der Pflanzen zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch wenig aufgeklärt.

Die überaus komplizierten Vorgänge in der grünen Zelle, die allein organische Pflanzensubstanz zu bilden vermögen, wurden erst in neuerer Zeit durch die genialen Chemiker *Baeyer* und *Willstätter* in der Hauptsache der Klärung zugeführt, und letzterer hatte es sich als Ziel gesetzt, die Tätigkeit der Pflanzenzelle künstlich nachzumachen. Heute wissen wir, daß der von *H. Fischer* jüngst synthetisch gewonnene rote Blutfarbstoff und der grüne Farbstoff des Chlorophyll nahe verwandt sind und daß beide im Tier- und Pflanzenleben von großer Bedeutung sind. Auch dem Laien dürfte ohne weiteres verständlich sein, daß derartige Forschungsergebnisse, die so tief schürfen, von ungeahnter Bedeutung für die weitere Entwicklung der gesamten Menschheit sein können, wenn sich auch der Traum organischer Chemiker wohl kaum so rasch erfüllen dürfte, uns künstliches Fleisch und Brot statt der natürlichen Gottesgabe zu schenken. Aber trotzdem gibt es heute noch kaum eine wichtigere und lohnendere Aufgabe, als die Grundprobleme der Agrikulturchemie eingehendst zu erforschen. Als gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts die bange Frage auftauchte, was eintreten müsse, wenn die Lager an Chilesalpeter aufgebraucht sein werden, hat uns die Wissenschaft bzw. wieder die Chemie durch Lösung des Problems der Nutzbarmachung des Luftstickstoffs für die Pflanzenernährung die Rettung aus größter Not und Sorge für die Zukunft gebracht.

An die Lösung eines wichtigen und grundlegenden Teilproblems der Agrikulturchemie hat sich seinerzeit ein wahrhaft Großer im Geiste, *Justus v. Liebig*, mit Erfolg gemacht und sich damit den Dank der Nachwelt verdient. Zu der von ihm aufgestellten Mineralstofftheorie haben eine Reihe bedeutender Chemiker wie *Saussure, Rückert, Sprengel, Wiegmann* und *Polstorff* wertvolle Bausteine gesammelt, auf denen *Liebig* sein großes Gebäude errichtete, wobei ihm selbstverständlich Irrtümer mitunterliefen. Immerhin konnte er damals schon aussprechen, daß die Pflanze von anorganischen Substanzen lebe und zwar von Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, Wasser, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kalk, Magnesia, Kali und Eisen. Er überschätzte die Bedeutung der organischen Stoffe im Boden und glaubte auch, daß die in der Luft vorhandenen Ammoniakverbindungen für die Pflanzenernährung ausreichen würden. Damit unterschätzte er allerdings auch die Bedeutung der Stickstoffdüngung. Jedenfalls haben aber die Forschungsergebnisse *Liebigs* einen umwälzenden Einfluß auf den damaligen Acker- und Pflanzenbau ausgeübt und haben seine Lehren zur Begründung einer gewaltigen Düngerindustrie geführt. Der Chemie dachte *Liebig* die Aufgabe zu, festzustellen, was an Nährstoffen durch die Ernten dem Boden entzogen wurde und unmittelbar Abhilfe durch die künstliche Düngung schaffen zu lassen.

Zwar gelang es dem großen Forscher, die von *A. v. Thaer* und seinen Schülern vertretene Humustheorie zu stürzen, aber heute wissen wir neuerdings dank der Entwicklung der Biochemie und Mikrobiologie, welch bedeutsame Rolle der Humus für die Ernährung der Bodenmikroben und damit indirekt für die Pflanzenernährung spielt. Damit kamen zugleich der der Landwirtschaft seit langer Zeit dienende Stallmist nebst den übrigen Wirtschaftsdüngern wieder zu ihrem Recht. Aber auch hier tritt an Stelle der Empirie die exakte Wissenschaft und berichtigt und ergänzt die bisherigen Erfahrungstatsachen. Es wurde, um mit *Liebig* zu reden, Licht in ein dunkles Zimmer gebracht, durch das die bisher zwar unsichtbaren, aber trotzdem vorhandenen Gegenstände beleuchtet wurden.

Im Jahre 1886 bewiesen ferner *Hellriegel* und *Wilfahrt* auf exakt wissenschaftliche Weise die bis dahin nahezu unbekannt gebliebene Tatsache der Verwertung des Luftstickstoffs durch die Leguminosen mit Hilfe ihrer Knöllchenbakterien. Auch aus diesen klassischen Arbeiten hat die Landwirtschaft und damit die Gesamtheit großen praktischen Nutzen gezogen!

Alles was sich in Pflanze und Tier abspielt, verläuft nach streng naturwissenschaftlichen Gesetzen, und *C. Neuberg* glaubt, daß die Anschauung einige Berechtigung verdiene, nach der Landwirtschaft angewandte Biochemie ist. Nach ihm sind Wachstum und Erhaltung, Ruhe und energetische Leistung, Tod und Verwesung aller Zellen des Pflanzen- und Tierreiches den lenkenden Gewalten der Gärung und Atmung unterworfen. Die Erschaffung und das Vergehen der Kohlehydrate aber sind Urphänomene. Noch sind es kaum 100 Jahre her, daß der seit Jahrtausenden von der Menschheit empirisch betriebene Acker- und Pflanzenbau, auf naturwissenschaftliche Grundlage gebracht, sich in ungeahnter Weise entwickeln konnte.

Bei den bisherigen Leistungen der Naturwissenschaften für die Landwirtschaft brauchen wir um die Existenzmöglichkeit unserer Nachkommen nicht allzusehr zu bangen. Die Natur birgt Schätze und Energiequellen in sich, die wir heute kaum erst ahnen, geschweige denn zu erschließen vermögen.

Mit einigen kurzen Worten soll nunmehr gezeigt werden, daß auch eine andere Tochterwissenschaft der Agrikulturchemie und Physiologie, die Tierernährungslehre, für die Landwirtschaft seit ihrem Bestehen sehr Bedeutsames geleistet hat.

Auch hier konnte erst mit fortschreitender Entwicklung der Naturwissenschaften sich die Auffassung nur allmählich und verhältnismäßig spät durchsetzen, daß alle Lebensvorgänge chemisch-physikalische Prozesse sind. Grundlegende Bedeutung gewannen dabei das von *R. Meyer* gefundene Gesetz von der Erhaltung der Kraft und *Lavoisiers* Lehre von dem Wesen der Verbrennung. Diese aber liefert Wärme und Kraft, die organischen Stoffe im Futter dagegen bilden außerdem im Tierkörper Fleisch und Fett, während die Mineralsalze für die Knochenbildung unentbehrlich sind.

Unvergängliche Verdienste um die Begründung der Tierphysiologie und Tierernährung haben sich die organische und physiologische Chemie erworben! Eiweiß, Fett und Kohlehydrate sind die wichtigsten Bestandteile unserer Futtermittel, und diese und ihre Umformung im Tierkörper kennenzulernen, blieb der Chemie und ihren Tochterwissenschaften vorbehalten. Der große Organiker *Emil Fischer* lehrte uns die Natur und Beschaffenheit der Eiweißstoffe kennen und schuf damit die Grundlage zur Beurteilung der biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe in den Futtermitteln, die von großer praktischer Bedeutung ist.

Die Versorgung unserer Haustiere mit Eiweiß, das auf eigener Scholle erzeugt wird, ist eine für Deutschlands Schicksal brennend gewordene Frage. Noch sind wir vorerst gezwungen, u. a. alljährlich mehrere Millionen Tonnen Ölkuchen neben sonstigen Futterstoffen aus dem Auslande einzuführen. Nur die Wissenschaft und vor allem die Chemie vermag uns durch Erschließung neuer Wege zu helfen. Ein Versuch hierzu ist z. B. unter manch anderem die Erzeugung eiweißreicher künstlicher Futterstoffe aus Holz und Kohlehydraten.

Die Chemie war es, die ebenfalls wieder das Rüstzeug für die Fütterungslehre schmiedete, die sich nicht mit der von *Thaer* empirisch aufgestellten Heuwertstheorie zufriedengebeu konnte. Die Agrikulturchemiker stellten auf Grund der von ihnen ausgearbeiteten Verfahren der Futtermittelanalyse nebst den sonstigen Untersuchungen Fütterungsnormen und Verdauungskoeffizienten für alle bekannten Futtermittel auf. Erst dadurch wurde die Ernährung und Fütterung unserer Tiere auf eine einwandfreie wissenschaftliche Grundlage gestellt, die heute noch für die Praxis von allergrößter Bedeutung ist. Die Arbeiten von *Kühn*, *Keller*, *Wolff* und anderen Agrikulturchemikern haben zu ganz neuen und umwälzenden Auffassungen über rationelle Fütterung geführt.

Mit Recht betont *Honcamp* daher, daß es der Tierzucht allein mit Hilfe der agrikulturchemischen Forschungen auf dem Gebiete der Fütterungslehre erst möglich gewesen ist, die heutigen frühreifen, mastfähigen und milchergiebigen Rassen und Schläge zu züchten und hohe Leistungen der Arbeitstiere zu fordern.

Auch die möglichst nutzbringende Verwertung der wirtschaftlichen Futtermittel ist durch die Forschungsergebnisse der Agrikulturchemie auf eine ganz neue Grundlage gestellt worden. Bezüglich der Aufschließung, Veredlung und Konservierung dieser Futtermittel hat die Agrikulturchemie in verhältnismäßig kurzer Zeit Großes geleistet. Besondere Bedeutung gewinnt schließlich auch die Forschung auf dem Gebiete der Fermente und Enzyme, des Mineralstoffumsatzes im Tierkörper, und ganz besonders stehen die Untersuchungen über Natur und Wesen der Vitamine im Vordergrund des Interesses.

Die Erzeugung pflanzlicher und tierischer Nahrungsmittel ist jedenfalls die wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft. Von ihr hängen in erster Linie die Möglichkeiten der Zunahme der Bevölkerung und deren kulturelle Weiterentwicklung ab. Hierbei

dürfte aber der Agrikulturchemie auch in Zukunft große Bedeutung zukommen.

Es dürfte dabei jedoch unwesentlich sein, ob man die Tierernährung nach wie vor als einen Zweig der Agrikulturchemie betrachten oder sie in enge Verbindung mit der Tierphysiologie und physiologischen Chemie bringen will. Im Interesse der Weiterentwicklung der Tierernährungslehre ist es nur zu begrüßen, wenn hervorragende Vertreter obiger Disziplinen, wie z. B. *Mangold, Scheunert* und andere, eifrig an dem weiteren wissenschaftlichen Ausbau der Fütterungslehre mitwirken. Schon jetzt werden im Interesse der Sache selbst an den meisten Hochschulinstituten die einzelnen Zweige der Agrikulturchemie durch Forscher, die aus verschiedenen Lagern stammen, vertreten. Verbindend wirkt immer das gemeinsame naturwissenschaftliche Band, das die einzelnen Zweige der Agrikulturchemie zusammenhält und innerlich verbindet. Die Agrikulturchemie als selbständige Wissenschaft hat in Vergangenheit und Gegenwart der Landwirtschaft die Grundlage zu ihrer Weiterentwicklung gegeben. Nur ein harmonisches Zusammenarbeiten der gesamten landwirtschaftlichen Disziplinen und ein Zurückstellen aufgetretener Unstimmigkeiten gewährleistet auch weiterhin die Befruchtung und Weiterentwicklung der Landwirtschaft durch die landwirtschaftlichen Wissenschaften.

Auch ein weiterer Zweig der Agrikulturchemie, die Bodenkunde, verdankt den Naturwissenschaften und ganz besonders der Chemie ihre glänzende Entwicklung, wie kurz gezeigt werden soll.

Der physikalischen und Kolloidchemie gelang dabei die Aufhellung der Vorgänge der Verwitterung und der Bodenbildung. Im Boden spielen sich fortwährend chemische, physikalische und biologische Prozesse ab, während Ton und Humus als ausgesprochene Bodenkolloide wirken. Die Natur des Humus suchten im vergangenen Jahrhundert unsere bedeutendsten Chemiker zu ergründen, während *van Bemmelen* und *Baumann* überzeugende Beweise für dessen kolloiden Charakter erbrachten. Die für die Düngung grundlegenden Vorgänge der Absorption und des Basenaustausches im Boden gehorchen ebenfalls chemisch-physikalischen Gesetzen, während der Anteil des Bodens im Kreislauf des Kohlenstoffs und Stickstoffs überwiegend durch die Tätigkeit von Mikroorganismen bedingt wird.

Die wissenschaftliche Erforschung des Humushaushaltes, der Nitrifikation und Denitrifikation, der Stickstoffassimilation usw.,

um nur einiges zu nennen, führte zu Ergebnissen, die die Maßnahmen des Acker- und Pflanzenbaues selbst weitgehend beeinflußten. Dagegen machte die rein chemische Bodenuntersuchung nur langsame Fortschritte. Neuen Auftrieb erhielt sie einerseits durch die intensive Tätigkeit, die besonders in den letzten Jahrzehnten der Erforschung der die Bodenreaktion beeinflussenden Faktoren gewidmet war und andererseits durch die alten Bestrebungen der Agrikulturchemie, die Pflanze selbst über das Nährstoffbedürfnis der Böden Auskunft geben zu lassen. Dadurch entstanden die biologischen Untersuchungsverfahren, die ihrerseits wieder mehr oder weniger mit der Methodik der Düngungsversuche Hand in Hand gingen. Letztere führten in der zweiten Hälfte des vorherigen Jahrhunderts nach dem Siege der Mineralstofftheorie besonders die Agrikulturchemiker *Märcker* und *Paul Wagner* aus. Nachdem die Methodik dieser Versuche ausgearbeitet und erprobt war, wurde der Düngungsversuch ein wichtiges und häufig angewendetes Hilfsmittel der Agrikulturchemie. Bedeutsames bei der Verwendung der sog. Sandkulturen leisteten *Wiegmann* und *Polstorff*, während mit Wasserkulturen zuerst *Knop*, *Stöckhardt* und *Sachs* arbeiteten. Der Vegetations- und Feldversuch wurde von *Pfeiffer*, *Hellriegel* und anderen Agrikulturchemikern ausgebaut.

Neubauer schuf zwecks Ermittlung der pflanzenaufnehmbaren Nährstoffe im Boden die nach ihm benannte Keimpflanzenmethode, während eine Reihe anderer Forscher durch Benützung verschiedener Lösungsmittel die Bestimmung der leichtaufnehmbaren Pflanzennährstoffe durchzuführen versuchte. Auch durch geeignete Kulturen von Bakterien und Pilzen (Azotobakter und Aspergillus) versuchte man der Lösung obiger Frage näher zu kommen. Neuerdings wurden mittels mathematischer Methoden die Ergebnisse der verschiedenen Bodenuntersuchungsmethoden verglichen. Auf die pflanzenphysiologischen Arbeiten *Mitscherlichs* und seiner Schüler braucht hier ebenfalls wohl nicht näher eingegangen zu werden.

Immerhin stützte sich die Arbeit zahlreicher Forscher auf die Ergebnisse der 1887 von *Svante Arrhenius* begründeten Ionentheorie sowie der von *W. Ostwald* ins Leben gerufenen physikalischen Chemie, während *Sörensen* die sog. p_H-Zahl aufstellte und *Kappen* sich als erster mit den Aziditätsformen im Boden eingehend befaßte. Die ausgedehnten Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Bodenkolloide fanden durch *Ehrenberg* eine zusammenfassende Beschreibung.

Trotz all dieser Fortschritte harren aber noch heute gerade auf dem Gebiete der Bodenkunde noch sehr viele Probleme der Lösung. Es trifft also keineswegs zu, was *M. Märcker* in seinem Vortrag über die Fortschritte der Agrikulturchemie in den letzten 25 Jahren, den er im Jahre 1897 vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin hielt, glaubte aussprechen zu dürfen, daß wir die Produktion, soweit sie von dem Düngerbedürfnis des Bodens abhängig ist, zurzeit vollkommen beherrschen. Vielmehr hat *F. Schucht* recht, wenn er die Bodenfruchtbarkeit als einen „komplexen Begriff" bezeichnet. Auch die Bodenphysik bedarf noch eines sehr eingehenden Studiums. Daß im neuen Staat der wissenschaftlichen Erforschung des Bodens und seiner natürlichen Produktionsfähigkeit im Gegensatz zu früher ganz besondere Unterstützung gewährt werden dürfte, ist bestimmt zu erwarten.

Für die praktische Beurteilung und Bonitierung der Böden ist die Kenntnis des Profils, der Bodenart und des Bodentyps von entscheidender Bedeutung, und hier haben uns die angewandte Bodenkunde und die Geologie wertvolles Rüstzeug geliefert, das für die bildliche Darstellung der Bodenverhältnisse, die sog. Bodenkartierung, unentbehrlich ist. Daß diese nicht nur wissenschaftlich wertvoll, sondern auch der Landwirtschaft in hohem Maße zu dienen vermag, lehrt uns besonders das Beispiel Bayerns. Hier hat die Praxis auf eigene Kosten bis jetzt bereits über $^1/_9$ ihrer Fläche im Ausmaße von mehr als einer halben Million Hektar durch die Bodenuntersuchungsstelle in Weihenstephan im großen Maßstab 1:5000 untersuchen und kartieren lassen.

Die Bodenuntersuchung, wenn sie dem ganzen Volke dienen soll, bedarf im neuen Staat eines umfassenden weiteren Ausbaues. Dieser wird vom Reichsnährstand tatkräftig in die Hand genommen und grundlegend organisiert, und das in Bälde zu erwartende Gesetz über die Neubewertung des deutschen Grund und Bodens wird zweifellos eine Quelle des Segens für die deutsche Landwirtschaft werden. Solche Maßnahmen können aber nur durch eine Regierung eingeleitet werden, die im Volk wurzelt und auf lange Sicht arbeitet, die sich ferner dessen bewußt ist, daß der Grund und Boden die Grundlage des Volkswohles ist, auf der die Möglichkeit weiterer kultureller Entwicklung beruht. Die Pflege deutscher Art und deutschen Geistes geht mit der Pflege deutscher Forschung Hand in Hand, ohne die ein Wiederaufbau der durch die Kriegs- und Nachkriegszeit zerstörten Werte undenkbar ist.

Durch die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen werden die Ergebnisse agrikulturchemischer Forschungen unmittelbar in den Dienst der Landwirtschaft gestellt, während die Agrikulturchemischen Hochschulinstitute sich in der Hauptsache mit der Förderung der Wissenschaft selbst befassen. Nicht ein Abbau, sondern ein weiterer Auf- und Ausbau dieser Anstalten und Institute ist dringend notwendig. *O. Lemmermann* zitiert in seinem Aufsatz über Agrikulturchemie eine Resolution, die auf der 17. Wanderversammlung der Deutschen Land- und Forstwirte 1855 in Cleve gefaßt wurde: „Nichts hat in England die Landwirtschaft so schnell gefördert und so wesentlich dazu beigetragen, sie auf die gegenwärtige Höhe zu bringen, als die Errichtung von agrikulturchemischen Versuchsstationen, und jetzt werden aus allen Gauen Deutschlands Wünsche laut, die zur Annahme eines dringenden Bedürfnisses der Einrichtung derartiger landwirtschaftlich-chemischer Stationen berechtigen.“ Es wird im Ernste wohl niemand behaupten, daß die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen inzwischen überflüssig geworden und daß die Agrikulturchemie sich überlebt habe.

Die nationalsozialistische Revolution hat die Landwirtschaft vor dem Untergang gerettet und den ehrwürdigen Stand des Bauern wieder zu Ehren gebracht. Blut und Boden sind untrennbare heilige Begriffe geworden, der Lebensraum des Bauern wurde neu gestaltet, und das Reichserbhofgesetz verhindert, daß in Zukunft Grund und Boden verschachert werden kann. Dessen Bewirtschaftung und Pflege kann nunmehr nach Gesichtspunkten erfolgen, die auf die Länge zielen, was eine große Erleichterung bedingt. Die Liebe zur Scholle wird um so inniger sein, je mehr Gewähr dafür gegeben ist, daß sie ein und dasselbe Geschlecht bearbeitet.

Die Schaffung des Reichsnährstandes gibt der Landwirtschaft einen starken Rückhalt. Die durch das Reichsnährstandgesetz erlassene Verordnung über die Festpreise für Getreide gewährt dem Bauer Sicherheit dafür, daß er im Gegensatz zu früher weiß, was er für sein Produkt bekommt, und er kann säen, ohne befürchten zu müssen, des Lohnes für seine Arbeit verlustig zu gehen. Nichts dürfte unserer Landwirtschaft in ihrem gesunden Denken und Empfinden mehr frommen, als die Loslösung aus liberalistischen Ideen, die den Bauer zu einem Spekulanten machen wollten.

Die bereits zum großen Teil durchgeführte Übernahme der Landwirtschaftlichen Versuchsstationen in den Reichsnährstand

wird diese mehr noch als je in den Dienst der Landwirtscha
stellen.

Das kommende Düngemittelgesetz wird das Tätigkeit
gebiet der Untersuchungsanstalten wesentlich erweitern und d
Landwirtschaft zugleich den Schutz gewähren, dessen sie bei
Bezug der künstlichen Düngemittel bedarf.

Das Futtermittelgesetz hat bereits viele Mängel auf de
Futtermittelmarkt beseitigt. Sein weiterer Ausbau wird d
Landwirtschaft viele Vorteile bringen. Die große Zahl von etw
3000 bei der Reichsregisterstelle angemeldeten Mischfuttermitt
erheischt gebietend die Notwendigkeit ihrer Untersuchung. Au
darüber hinaus wird im neuen Staat die Futtermittelkontrol
zum Schutz der Landwirtschaft der Nahrungsmittelkontrolle me
und mehr angeglichen und Sorge dafür getragen werden, daß s
zu einer staatlichen Futtermittelüberwachung wird.

Eine weitere Aufgabe für die rationelle Ernährung unser
Haustiere wird in Zukunft die Deckung von deren Bedarf a
Eiweiß und Kalorien und desgleichen an Futterstoffen mit g
nügendem Vitamin- und Mineralstoffgehalt aus eigener Schol
sein. Besonderes Augenmerk wird des weiteren u. a. der Ve
besserung der Erntemethoden sowie der Futterkonse
vierung zu widmen sein. Verdaulichkeitsprüfungen werden de
preiswertesten und billigsten Zuwachs an Lebendgewicht e
mitteln helfen. Auf rein wissenschaftlichem Gebiete wird in
besondere der Enzym-, Vitamin- und Hormonforschun
noch ein weites und fruchtbares Feld offen sein. Werden doc
wachsende Schweine meistens zu vitaminarm gefüttert!

Es würde zu weit führen, hier auf alle Fragen einzugehe
die in der Agrikulturchemie noch der wissenschaftlichen B
arbeitung harren, und besonders gilt dies von dem umfangreiche
Gebiete der Pflanzenernährung, weshalb hier lediglich einig
Beispiele aufgeführt werden sollen. Die Schleier, die noch üb
den Vorgängen der Stoffaufnahme und Stoffumbildun
in der Pflanze liegen, reizen dazu, hier völlige Klarheit z
schaffen. Inwieweit dabei die reine Chemie und deren Tochte
wissenschaften sowie die übrigen Naturwissenschaften mit Erfol
herangezogen werden können, muß der Forschung selbst vo
behalten bleiben. So werden z. B. spektralanalytische Methode
mit zur Lösung des Problems der Nährstoffaufnahme verwend
werden müssen. Der Ionenantagonismus ferner ist eine seh
bemerkenswerte Erscheinung, desgleichen gewisse Giftwirkunge
der Ionen selbst, die zu einer Reihe von physiologischen, d. I

nicht parasitischen Erkrankungen der Pflanzen führen können. So soll z. B. die Dörrfleckenkrankheit des Hafers durch eine Störung der normalen Kationenaufnahme bedingt werden. Viel Interesse wird neuerdings auch der Frage zugewendet, welchen Einfluß Wuchsstoffe, Hormone, auf die Pflanze haben. Im Harn trächtiger Tiere befinden sich Hormone, die angeblich das Pflanzenwachstum günstig beeinflussen und die bereits technisch hergestellt werden können. Ferner begegnen das Studium der edaphischen Wachstumsfaktoren sowie exakte experimentelle ökologische Forschungen zunehmendem Interesse. Desgleichen interessieren die kolloiden Wirkungen auch in der Pflanze, sowie die physiologischen Funktionen der Elemente auf diese. Über Pflanzennährstoffe, die nur in Spuren vorhanden oder nur unbewußt oder gar nicht in der Düngung gegeben werden, wird zurzeit viel gearbeitet. Die Reizwirkungen behandelt das große Gebiet der Stimulationsforschung. Der Einfluß der Reaktion und der Düngung auf die Qualität und Widerstandsfähigkeit der Ernteprodukte tritt immer deutlicher hervor. Ganz besondere Aufmerksamkeit wendet man neuerdings wieder der Düngung mit organischen Stoffen, den sog. Humusdüngern, zu und desgleichen der rationellen Behandlung der Wirtschaftsdünger durch geeignete Konservierungsmethoden.

Der neue Staat, der alles Große der Vergangenheit pietätvoll hütet und diese Schätze des Gemütes und des Geistes dem deutschen Volke erschließen will, dem ferner Grund und Boden ehrfurchtsvolle Begriffe sind, wird auch der Agrikulturchemie auf Grund ihrer bisherigen Leistungen und auf Grund dessen, was sie auch für die Zukunft für die Sicherstellung der Volksernährung aus eigener Scholle zu bieten vermag, ganz gewiß die Pflege zuteil werden lassen, die sie verdient. Der freiwillige Eintritt der Lehrer für Agrikulturchemie in den Reichsbund Deutscher Diplomlandwirte sowie in den Reichsnährstand beweist ebenfalls deutlich, daß diese nicht nur der Forschung und Lehre, sondern auch dem neuen Staat und dessen einschlägigen Aufgaben mit allen Kräften dienen wollen.

Der Stand der Bodenuntersuchung und ihr Wert fü landwirtschaftliche Meliorationsmaßnahme

Von F. ALTEN, Berlin.

Als *Liebig* mit genialem Blick, auf die Arbeiten seiner Z genossen fußend, den Grundstein der modernen Agrikulturche legte, schien zunächst für Theorie und Praxis in gleicher W die grundlegend wichtige Frage der rationellen Wasser- u Düngewirtschaft auf den landwirtschaftlich genutzten Böden löst oder doch ihre Lösung zum mindesten in greifbare N gerückt. Der Boden erschien als das Reservoir, aus welchem allein aktive Kulturpflanze Wasser und Nährstoffe entnal Nichts lag näher als der Gedanke, bei dieser scheinbar einfac Sachlage den Bedarf der Pflanzen und den Inhalt des Reserv zu bestimmen, um so zu einer objektiv unangreifbaren Beg achtung des Bodens und Bemessung der nötigen Düngergabe gelangen. Die alte Statik wurde geboren, die Ausgaben und E nahmen des Bodens als passiven Pflanzenstandort säuberlich v buchen und den Erfolg oder Mißerfolg auf Grund der Bod untersuchung mindestens genähert kalkulieren zu können mei

Der Erfolg blieb aus. Nicht genug, daß fast von Anfang Schwierigkeiten in der Bemessung der der statischen Berechn zugrunde zu legenden Bodentiefe auftauchten. Chemisch ih Totalgehalt an Pflanzennährstoffen nach reiche Böden, die Nä stoffziffern aufwiesen, die um das 10—100fache den Bedarf angebauten Kulturpflanzen übertrafen, erwiesen sich als weniger fruchtbar als Böden mit sehr viel geringeren Gehal Ganz allgemein zeigte sich, daß auch im ärmsten Boden, ohne Düngung nicht produzierte, der Gehalt an Nährstoffen, in konzentrierten Säuren löslich waren, bei Zugrundelegung durchwurzelten Schichten immer ein so großer war, daß Dezennien, wenn die statische Annahme die richtige gew wäre, nie ein Nährstoffmangel hätte eintreten können.

Der sich von selbst aufdrängende Schluß, daß von den Boden total vorhandenen Nährstoffen nur ein kleiner Teil jährlich der Pflanze zur Verfügung steht, wurde sehr sch gezogen. Die Bauschanalyse des Bodens wurde zur Domäne geologisch-genetischen Forschungsrichtung in der Bodenku Sie verzichtete auf den direkten Anschluß ihrer Resultate die landwirtschaftlich-ackerbauliche Erfahrung und versu

in rein wissenschaftlicher Richtung den Boden genetisch zu erforschen.

Für die ackerbauliche Richtung der bodenkundlichen Forschung traten an ihre Stelle zwei neue Prinzipien:

1. Die Fragestellung an den Boden durch die Pflanze selbst im Düngungs- und Anbauversuch, sei es im Felde, sei es im Laboratorium.

2. Das Prinzip der Grenzzahl als Beurteilungsgrundlage der Bodenfruchtbarkeit, und zwar sowohl auf physikalischem wie auch auf chemischem Gebiet.

Die physiologische Forschungsrichtung der Bodenkunde trennte sich nach Methode und Ziel sehr bald von der chemisch-physikalischen Forschungsrichtung, um erst in neuester Zeit zögernd wieder in die gleichen Wege einzubiegen.

Als Reaktion auf die Enttäuschungen der alten Statik wendete sich in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts das Interesse von Theorie und Praxis dem physiologischen Experiment zu. Konnte es an sich schon scheinbar nichts Logischeres geben, als im Versuch die Pflanze selbst über die Befriedigung ihrer Bedürfnisse durch einen gegebenen Boden zu befragen, so wurde die Neigung, vom Pflanzenexperiment alles Heil zu erwarten, noch gerechtfertigt und verstärkt durch die durchschlagenden Erfolge, die der Düngungsversuch als Feld- oder Topfversuch in den ersten Zeiten zu verzeichnen hatte. Hand in Hand mit der sich entwickelnden experimentellen Pflanzenphysiologie schritt die Agrikulturchemie scheinbar zunächst von Erfolg zu Erfolg. Die Ernährungsansprüche der Kulturpflanzen wurden weitgehend geklärt. Die wissenschaftliche Düngerlehre entstand und half der Entwicklung der großen Düngerindustrien, die die Technik des Versuchswesens gemeinsam mit der Wissenschaft als Forschungsmittel in weiteste Kreise der Landwirtschaft trugen. Das anfangs primitive Versuchsverfahren wurde von *Kühn*, *Wagner*, *Mayer*, *Russell*, *Prianischnikoff* und *Pfeiffer*, um nur einige Altmeister der Agrikulturchemie zu nennen, zum geschmeidigen Instrument der Forschung vervollkommnet und in seinen Fehlerquellen weitgehend übersehbar gemacht. Die Einführung der Ausgleichsrechnung zur Bewertung der Zuverlässigkeit der Versuchsresultate durch *Mitscherlich* schien die Topf- und Feldversuchstechnik zum unfehlbar zuverlässigen Forschungsmittel zu erheben, das jedes andere überflüssig machte. Die Errichtung und staatliche Förderung von Versuchsringen der Landwirtschaft schloß den Kreis der Entwicklung.

Aber je mehr sich das Erfahrungsmaterial häufte, desto mehr zeigte sich, daß trotz aller Verfeinerung und scheinbaren inneren Logik der Düngungsversuch doch nicht allen berechtigten Anforderungen gewachsen war. Schon von den ersten Zeiten an war darauf hingewiesen worden, daß jeder Düngungsversuch seiner Natur nach nur zeigen kann, was auf dem betreffenden Versuchsstück einmal richtig war, aber nicht, was unbedingt richtig sein wird, weil keine Garantie besteht, daß sich im Laufe des Jahres die Verhältnisse des betreffenden Bodens nicht ändern. Das Gegenteil schien allein schon wegen der Nährstoffentnahme der Versuchsernten sogar ein logisches Postulat. Die ständig sich vermehrenden Erfahrungen, daß es nicht nur auf den Nährstoff an sich, sondern je nach dem Boden auf die Form ankommt, in welcher dieser dem Boden zugeführt wird, die Abhängigkeit der Nährstoffwirkung von der Reaktion und den physikalischen Verhältnissen des Bodens, von der gegenseitigen Beeinflussung verschiedener gleichzeitig angewandter Düngemittel ganz zu schweigen, zeigte mit Vertiefung des Einblicks in die Wechselbeziehungen zwischen Boden und Pflanzen in immer steigendem Maße die naturgegebenen Grenzen der Leistungsfähigkeit des physiologischen Versuches. Sei es, daß er im Laboratorium, sei es, daß er im Felde angestellt wurde: stets war er mit Rücksicht auf die praktische Durchführbarkeit gezwungen, sich auf die einfachsten Fragestellungen zu beschränken. Eine Garantie, ob die gewählte Fragestellung gerade im Einzelfall die richtige war, kann aber ohne physikalische und chemische Kenntnis des Bodens in keiner Weise gegeben sein. Die Erkenntnis schließlich, daß der Boden durchaus kein passives Reservoir von Wasser und Nährstoffen für die darauf gebauten Pflanzen ist, sondern im Gegenteil ein sogar sehr aktiver Gegenspieler, der ganz erhebliche Mengen Wasser und Nährstoffe für sich selbst in Anspruch nimmt, ehe er den Pflanzen etwas zukommen läßt, versetzte dem Glauben an die Zuverlässigkeit des physiologischen Versuches einen schweren Stoß und lenkte das Interesse erneut auf die chemisch-physikalische Forschungsrichtung.

Als an die alte Statik anschließende Denkmethode ist bereits oben das Prinzip der Grenzzahl genannt. Darunter ist zu verstehen, daß nicht mehr im Sinne der Statik die gesamten Nährstoffmengen, die bis zu einer gewissen konventionellen Bodentiefe, vielfach bis zur Tiefe der Ackerkrume von 30 cm, in einem Boden vorhanden sind, zum Maßstabe seiner Güte gemacht würden, sondern bestimmte konstante minimale Gehalte an Nährstoffen

je Masseneinheit des Bodens, z. B. 100 g Trockensubstanz. Dieses Vorgehen basiert auf der stillschweigenden Voraussetzung, daß bei gegebenem Totalgehalt eines Bodens an Pflanzennährstoffen alljährlich ein bestimmter, überall gleicher Prozentsatz für die Pflanzen verfügbar würde. Die Erfahrung zeigte bald, daß für die lange allein verwendeten Bauschanalysen oder Auszüge mit konzentrierten Säuren diese Annahme nicht zutraf.

Mit fortschreitender analytischer Technik entstanden so folgerichtig die zahlreichen Methoden, die versuchten, nicht mehr den Gehalt an total vorhandenen, sondern an löslichen Nährstoffen in Grenzzahlen auszudrücken. An die Stelle der konzentrierten Mineralsäuren als Lösungsmittel für den Boden traten Wasser, kohlensäuregesättigtes Wasser und verdünnte Säuren, besonders 1—2%ige Citronensäure (*Dyer*, *König* und *Hasenbäumer*, *Lemmermann*, *Szigmond*, *Blanck* u. a.).

Die so ermittelten Grenzzahlen für die einzelnen Kulturgewächse, nach welchen von Anfang an differenziert wurde, um der Individualität der Pflanzen Rechnung zu tragen, zeigten eine Eigentümlichkeit, die bei den alten Grenzzahlen der Totalgehalte der Böden an Nährstoffen noch nicht scharf erkennbar war. Für bestimmte Bodentypen und zuweilen ganze, oft umfangreiche Bodenprovinzen, die den Arbeitsgebieten in ihren Bodenverhältnissen ähnelten, in welchen die Grenzzahlen auf Grund von Versuchen von den einzelnen Forschern entwickelt waren, führte die Verwendung der erfahrungsmäßig festgesetzten Werte zu sehr bemerkenswerten Erfolgen, die sich mit den Erfolgen der physiologischen Forschungsmethoden an Zuverlässigkeit messen konnten. In anderen Gebieten aber, wo abweichende Bodenverhältnisse herrschten, versagten sie. Im Bestreben, diese Fehlschläge auszuschalten, setzte dann eine neue Entwicklung ein, die im Ausland und in Deutschland sehr verschiedene Wege betrat.

Im Ausland entwickelte sich, basierend auf den Arbeiten *Hissinks* und *Gedroiz'* über die austauschbaren Basen des Bodens, eine ausgesprochene kolloidchemische, d. h. physikalisch-chemische Richtung der bodenkundlichen Forschung, die allerdings, von einer sofort aufs Praktische gehenden Behandlung der Kalkfrage abgesehen, im wesentlichen zunächst auf die Feststellung der Gesetzmäßigkeiten des Basenaustausches gerichtet war und nur in Niederländisch-Indien, dann bald in Indochina und einer Reihe englischer Kolonialgebiete sofort in großem Stile praktische Anwendung fand. In Deutschland wirkte sich dagegen die physiolo-

gische Denkrichtung, mindestens zunächst, auf die chemische Richtung aus. So entstand die Methode *Mitscherlich*, die den Topfversuch zur Auswertung des Gehaltes des Bodens an verfügbaren Pflanzennährstoffen benutzt. Es entstand als teils physiologische, teils chemische Methode die Keimpflanzenmethode von *Neubauer* und schließlich in Anlehnung an die Azotobaktermethode von *Christensen* die Aspergillusmethode von *Niklas, Poschenrieder* und *Trischler*. Alle Methoden arbeiten wiederum mit Grenzzahlen, die meistens für die Krume gewonnen sind.

Bei sämtlichen Methoden ergibt sich dasselbe Bild wie bei den chemisch arbeitenden Methoden: sie liefern unter bestimmten Bodenverhältnissen zutreffende, durch die praktische Erfahrung bestätigte Resultate und versagen unter anderen Bodenverhältnissen. Aber auch auf den gleichen Boden angewandt, führen die verschiedenen Methoden durchaus nicht in allen Fällen zu denselben Schlußfolgerungen. Über die Differenzen zwischen den Ergebnissen der *Mitscherlich*-Methode und des Feldversuches haben u. a. *Opitz* und *Rathsack* ausführliche Untersuchungen angestellt.

Zu gleichen Ergebnissen kam *Lamberg*, ebenso *Scheffer*.

Vergleicht man die *Neubauer*-Methode mit der *Mitscherlich*-Methode, wie es z. B. im großen Umfange durch *Dirks* und *Scheffer* geschehen ist, so ist die Übereinstimmung der *Neubauer*-Methode mit der *Mitscherlich*-Methode zwar im allgemeinen gut, im einzelnen aber sehr großen Schwankungen unterworfen. Einen eingehenden Vergleich der Aspergillus- mit der *Neubauer*-Methode, die weitgehend hinsichtlich des Kalis als Parallelmethoden angesehen werden, haben *Vageler* und *Alten* auf Grund der Untersuchung von 1653 Bodenproben aus verschiedenen Ländern gegeben. Selbst wenn man eine Übereinstimmung der Werte von $\pm 20\%$ noch als gut bezeichnet, war die Parallelität der Ergebnisse beider Methoden in der Tat alles andere als befriedigend.

Erst in den letzten Jahren hat man auch in Deutschland mit der Einführung kolloidchemischer Untersuchungsmethoden, z. B. der Feststellung des Kaligehaltes nach *Gedroiz* mit $^{n}/_{20}$-Salzsäure durch Verdrängung des Kalis mit n-NaCl usw. begonnen. Es ist dies merkwürdigerweise geschehen, ohne daß sich die meisten der Untersucher um die grundlegenden Fragen des Basenaustausches, wie sie durch die Experimentalarbeiten *Wiegners* und seiner Schüler und durch die große Reihe der englischen und amerikanischen Forscher, wie *Mattson, Truog* usw., bereits weitgehend geklärt waren, in ausreichendem Maße gekümmert

haben. Auch hier hat man sich mit der Aufstellung von Rel
zahlen als angeblich Grenzzahlen bedeutende Gehaltsang
begnügt, d. h. mit der letzten Endes statischen Auffassun
alten Sinne keineswegs gebrochen. Das gilt in besonderem I
für die in neuester Zeit stark propagierte Methode von *D*
die für Kali und Phosphorsäure Testzahlen verwendet.

Obwohl das Beobachtungsmaterial in dieser Hinsicht w
stens für deutsche Böden noch nicht berechtigt, zu abschließen
Urteil zu gelangen, kann man sagen, daß auch diese Bemühu
genau so wie jede mit Grenzzahlen arbeitende Methode zu k
endgültigen Lösung des Problems der chemischen Beurtei
der Böden führen kann, weil die Fragestellung, die allen d
Bemühungen zugrunde liegt, den Verhältnissen in der N
nicht entspricht. Anders wäre es nämlich nicht zu verste
daß bei sämtlichen, die löslichen Nährstoffe berücksichtige
Verfahren, mögen diese mit chemischen Lösungsmitteln oder
Organismen als Reagenzien arbeiten, sich mit Deutlichkeit in
wieder der Anwendungsbereich der einzelnen Methoden auf
bestimmte Bodentypen und Bodenprovinzen beschränkt erw

Bei der großen Zahl der, wenn man so sagen will, qualit
statischen Methoden heben sich zurzeit verschiedene Meth
als neue Wege weisend hervor. Es sind die Methoden von *Sa*
Hissink, *Lemmermann*, *von Wrangel*, *Gehring*. *Saidel* und sp
Lemmermann haben mit dem Begriff der relativen Löslich
den Weg gewiesen, der nach unserer Überzeugung zum
gültigen Fortschritt der bodenkundlichen Forschungsrich
führen muß, indem sie zum ersten Male mit dem Begriff
relativen Löslichkeit nicht das Prinzip des Bodengehaltes im a
statischen Sinne, sondern die verhältnismäßige, individ
Nährstofflieferung durch den Boden aufstellt. Dasselbe Pr
liegt den Anschauungen von *von Wrangel* und ihrer Mitarb
über die Wasserlöslichkeit der Phosphorsäure zugrunde und let
Endes auch den Bemühungen *Gehrings*, auf die Arbeiten *His*
fußend nach dem Kalisättigungsgrad die Löslichkeit d
Nährstoffes im Boden und die Möglichkeit seiner Lieferun
die Pflanze zu bestimmen.

Die Aufstellung dieses Prinzips durch vorgenannte For
bedeutet in gewissem Sinne einen Umschwung in den gesa
bodenkundlichen Anschauungen, indem es mindestens dem S
nach an die Stelle der Gehaltszahlen die Lieferungszahl des Bo
zu setzen bemüht ist. Es wird hierdurch eine neue Statik
gebahnt, die nunmehr im Gegensatz zur alten Statik zu

präzisen Fragestellung führt: wieviel ein Boden während einer Wachstumsperiode einer Pflanze mit bestimmtem Nährstoffbedarf von seinem Totalgehalt praktisch zu liefern in der Lage ist, und zwar nicht als bloßes Reservoir, sondern in der Wechselwirkung der sorptiven oder sonst wirkenden Kräfte der Pflanze und des Bodens.

Mit dieser Fragestellung scheint aber das neue Band zwischen Theorie und Praxis nunmehr endgültig gegeben; denn der Landwirt interessiert sich nur für die Ausnutzbarkeit der Nährstoffe des Bodens, die mit den an Ort und Stelle gemachten Erfahrungen übereinstimmen.

Die Frage, ob heute die chemische Bodenuntersuchung in irgendeiner Form in der Lage ist, eine derartige Auswertung der Ergebnisse in absoluten Leistungsziffern zu ermöglichen, sind wir überzeugt, in vollem Umfange für die Basen des Bodens bejahen zu dürfen. Wir möchten sogar noch weiter gehen und behaupten, daß die verschiedenen Untersuchungsmethoden an sich schon längst besser in der Lage gewesen wären, diese für die praktische Landwirtschaft hervorragend wichtige Aufgabe zu erfüllen, wenn nicht Bodenphysik, Bodenchemie und physikalische Chemie im großen und ganzen jahrelang aneinander vorbeigearbeitet hätten, während nur ein Zusammenarbeiten zum gewünschten Erfolge führen kann.

Es handelt sich nach unserer Auffassung bei den von uns in den bisherigen Publikationen zur Frage vertretenen Methoden der Bodenuntersuchungen keineswegs, wie mehrfach zum Ausdruck gebracht worden ist, um eine neue Methode an sich, es handelt sich keineswegs darum, ob die von uns verwendeten Gleichungen besser oder schlechter sind als z. B. die *Freundlich*sche Sorptions-Isotherme. Jede Methode, jedes Verdrängungsmittel, das zu richtigen, d. h. den Tatsachen entsprechenden Werten führt, ist genau so gut wie jede andere, wenn sie denselben Zweck erfüllt. Wir glauben allerdings, daß die von uns entwickelten Gleichungen einstweilen durch ihre Einfachheit am zweckmäßigsten sind. Das, worum es sich im Grunde handelt, ist eine Umstellung des agrikulturchemischen Denkens im Sinne der physikalischen Chemie. Es ist das Aufgeben der subjektiven Annahmen über die Löslichkeit der Nährstoffe zugunsten ihrer objektiven Feststellung.

Woher bezieht nun die Pflanze die Nährstoffe aus dem Boden? Aus der Bodenlösung, aus den Sorptionskomplexen des Bodens und in Ausnahmefällen auch aus den Mineralien. Wieweit die

Pflanze aus den drei angegebenen Nährstoffquellen ihren Bedarf decken kann, hängt von der zur Verfügung stehenden Größe der Bodenschichten, der Wassermengen, der individuellen Wasserbeweglichkeit im Boden und letzten Endes auch von der Art der Pflanze ab.

Um die physikalischen Eigenschaften des Bodens zur Beurteilung der Nährstofflieferung heranzuziehen, werden die Zahlen der mechanischen Zusammensetzung, die capillare Steighöhe, die Hygroskopizität, minimale Wasserkapazität und Schrumpfung bestimmt.

Der Tongehalt des Bodens, wie er durch die mechanische Analyse einmal in Wasseraufschlämmung und das andere Mal peptisiert erhalten wird, dient zur Berechnung des „Strukturfaktors $\frac{\text{Ton}_{\text{pept}} - \text{Ton}_{\text{Wasser}}}{\text{Ton}_{\text{pept}}}$ 100". Der Strukturfaktor ist ein konventioneller Wert, der nur Vergleiche zuläßt, wenn das Verhältnis Boden zu Flüssigkeitsmenge nicht verschoben wird. Konvergiert er gegen 0, so heißt das, daß der Boden sehr stark zur Dichtschlämmung neigt und seine Wasserbeweglichkeit durch ungeeignete Maßnahmen noch herabgesetzt wird; konvergiert er dagegen gegen 100, so heißt dieses, daß der Boden in natürlicher Lagerung trotz seines absolut hohen Tongehaltes gut koaguliert ist und daß z. B. der Anwendung natriumhaltiger Düngemittel nichts im Wege steht.

Ausgehend von der Überlegung, daß den Pflanzenwurzeln das für die Transpiration notwendige Wasser mit einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit zuströmen muß, damit die Pflanze nicht verwelkt, ist als nutzbar der verfügbare Wasserinhalt einer so dicken Bodenschicht anzusprechen, daß sie den stündlichen Durchtritt einer Wasserschicht von 0,1 mm gestattet. Diese Geschwindigkeit berechnet sich aus dem Wasserverbrauch bei der Bildung von 5 t Trockensubstanz je Hektar innerhalb einer Zeit von 100 Tagen.

Da das minimale Porenvolumen im Höchstfalle 50% ausmacht, bedeutet die Verschiebung von 0,1 mm Wasserschicht die Infiltration von 0,2 mm pro Stunde.

Die Bodenschicht, die vom Wasser eben noch mit dieser Geschwindigkeit passiert wird, nennen wir „kritische Schichtdicke". Sie ist eine rechnerische Größe und läßt sich aus der Steighöhe mit ausreichender Annäherung berechnen.

Da die Wasserbewegung von der Richtung im Raume unabhängig ist, muß in einer Bodenschicht das Wasser sowohl von

oben als auch von unten zu den Wurzeln gelangen. Mithin ist die in Wirklichkeit zur Verfügung gestellte Wassermenge bestenfalls diejenige, die die doppelte kritische Schichtdicke zu liefern vermag. Bei unzureichenden Niederschlägen reduziert sich die in Wirklichkeit anzurechnende Schichtdicke.

Bei Böden mit geringer Steighöhe, meist schweren Böden, ist die Wasserbeweglichkeit und damit die kritische Schichtdicke klein. Ist die doppelte kritische Schichtdicke kleiner als die tatsächliche Bodenschicht, so darf für die Wasserbilanz und Berechnung der Nährstofflieferung aus der Bodenlösung nur die doppelte „kritische Schichtdicke" zugrunde gelegt werden. Bei leichten Böden, die eine große Wasserbeweglichkeit haben, kann die doppelte kritische Schicht über die tatsächlich vorhandene Schicht hinausgehen; in Anrechnung gebracht werden darf aber natürlich nur die tatsächlich vorhandene Schicht.

Das gesamte Bodenwasser gliedert sich in drei Gruppen:

1. das überhaupt im Boden mögliche Wasser,
2. das tatsächlich verfügbare Wasser,
3. das dynamisch verfügbare Wasser.

Das mögliche Wasser ist die Wassermenge, die ein Boden in wassergesättigtem Zustande festhalten kann, also im Höchstfalle die minimale Wasserkapazität.

Von diesem im Boden möglichen Wasser ist eine bestimmte Menge für die Pflanze nicht aufnehmbar: das sogenannte „tote Wasser". Es ist dieses ein Vielfaches des von der Hydratation der Schwarmionen und dem Salzgehalt der Bodenlösung bedingten hygroskopischen Wassers, dessen Errechnung auf Grund des Wurzelsaugdruckes möglich ist. Bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen liegt der Wurzelsaugdruck zwischen 5 und 45 Atmosphären; aus diesen Zahlen ergibt sich, daß den Pflanzen vom möglichen Wasser nur die Differenz — mögliches Wasser minus $1^1/_2$—4facher Hygroskopizität — zur Verfügung steht.

Zieht man das tote Wasser, das, wie oben ausgeführt, für die Versorgung der Pflanze ausscheidet, vom möglichen Wasser ab, so erhält man das statisch verfügbare Wasser. Auch das statisch verfügbare Wasser ist nicht vollständig nutzbar. Dynamisch nutzbar ist nur der Wassergehalt einer Schicht, in der die Wasserbeweglichkeit eine Geschwindigkeit von 0,2 mm und mehr erreicht. Bei Böden mit geringerer Wasserbeweglichkeit ist das statisch verfügbare Wasser nicht voll dynamisch nutzbar, sondern in diesem Falle ist vom statisch verfügbaren Wasser nur die

Wassermenge dynamisch verfügbar, die die doppelte kritische Schichtdicke zu liefern vermag.

Die chemische Untersuchung erstreckt sich auf die Bestimmung des C, N, P_2O_5, der wasserlöslichen Carbonate, des Gehaltes an Na, Mg, Ca und der austauschfähigen Basen, sowie des H und Al in den Komplexen.

Die Auswertung der durch die Analysenmethoden gefundenen Werte muß unter Berücksichtigung der physikalischen, chemischen, kolloidchemischen Faktoren der einzelnen Bodentypen erfolgen. Weitere Angaben über die örtlichen klimatischen Verhältnisse müssen zur Errechnung der Relativzahlen herangezogen werden.

Man kann annehmen, daß die in der Bodenlösung vorhandenen Nährstoffe ohne Energieaufwand in die Pflanze mit dem Transpirationsstrom eindringen (Dialyse durch die Zellmembranen). Dagegen erfolgt die Aufnahme der Nährstoffe aus den Sorptionskomplexen nur durch Aktivierung von H durch Ausscheiden von CO_2 der Pflanzen und Zersetzung von Humusstoffen.

Die Aktivierung der H-Ionen durch Ausscheiden von Kohlensäure der Pflanze ist bei den mannigfaltigsten Pflanzenarten verschieden. Es wird hier angenommen, daß die vom Pflanzenbestande eines Feldes produzierte H-Ionen-Menge in grober Annäherung dem Gehalte der Asche der zu erzielenden Ernte an Basen äquivalent sein muß. Die aktivierten H-Ionen machen aus den Komplexen Basen frei, diese treten in die Bodenlösung. Der Austausch erfolgt nicht im stöchiometrischen Verhältnis, sondern richtet sich nach den für zeolithische Komplexe gültigen Austauschgesetzen.

Die Lieferung von Basen aus den Bodenmineralien durch aktive H-Ionen kann vernachlässigt werden, da sie gegenüber den anderen Nährstoffquellen kaum analytisch faßbare Werte zeitigt. Nur unter extrem tropischen Verhältnissen wird für diese Lieferung empirisch ein Zuschlag von 10% zu der Lieferungsmöglichkeit der Komplexe hinzugefügt. Die auf diese Weise erhaltenen Basenmengen stellen die totale Lieferungsmöglichkeit dar.

Bei Böden mit geringerer Wasserbeweglichkeit reduziert sich zwangsläufig die in den Pflanzen zur Verfügung stehende Nährstoffmenge dadurch, daß nicht die gesamte Bodenschicht als Nährstofflieferant auftritt, sondern nur die doppelte kritische Schichtdicke. Dies gilt soweit, wie wir es nur mit einem Horizont zu tun haben. Beim Vorliegen verschiedener Horizonte muß

die zur Verfügung stehende H-Menge anteilmäßig auf das ganze durchwurzelte Profil umgerechnet werden. Die so erhaltenen Werte stellen die „tatsächliche“ Lieferungsmöglichkeit des Bodens an Basen dar.

Für die Erzielung eines bestimmten Ernteertrages ist die Lieferung ausreichender Nährstoffmengen aus dem Boden Voraussetzung. Ist die Lieferungsmöglichkeit kleiner als die Menge, die zur Erreichung einer Höchsternte erforderlich ist, so muß der Boden gedüngt werden. Bei der Düngung ist zu berücksichtigen, daß nur ein Teil der durch die Düngung zugeführten Basenmenge in Lösung verbleibt. Die Größe des in Lösung verbleibenden Anteils der zugeführten Basenmenge ist abhängig von den Komplexen, ihrer Sorptionskapazität und der Bindungsfestigkeit der Basen.

Bei gleicher Komplexsättigung wächst die Festlegung mit dem Tongehalt des Bodens, d. h. leichte Böden neigen kaum zur Festlegung, während bei schweren Böden die Möglichkeit der Festlegung ganz erheblich ins Gewicht fällt. Natürlich ist diese Festlegung abhängig von der jeweiligen Komplexbelegung. Die Festlegung verläuft, wie oben ausgeführt, nach den Gesetzen des Basenaustausches.

Mit der vorliegenden Arbeitsmethode glauben wir einen Weg in der Bodenkunde beschritten zu haben, der es ermöglicht, die im Boden vor sich gehenden Lösungs- und Austauschvorgänge, die für das Leben der Pflanze maßgebend sind, quantitativ zu erfassen. Wir sind uns darüber im klaren, daß die quantitative Übertragung auf das Feld sehr oft an der Unzulänglichkeit der Probeentnahme scheitern kann. Bei sachgemäßer Probeentnahme und sorgfältiger Arbeitsweise führen die vorgeschlagenen Methoden, wie an anderer Stelle nachgewiesen ist, jedenfalls zu dem Ziel, sich ein Bild von den Vorgängen zwischen Boden und Pflanze zu machen, das der Wirklichkeit mindestens sehr nahe kommt. Mögen weitere Untersuchungen auch in Einzelpunkten noch zu einer Verbesserung des technischen Weges führen, so dürfte sich dadurch an dem befolgten Prinzip nur wenig ändern können, da der beschrittene Weg voraussetzungslos auf den Gesetzen der physikalischen Chemie beruht.

Praktische Mitarbeit des Agrikulturchemikers in landwirtschaftlichen Versuchsringen.

(9jährige Erfahrungen eines Versuchsring-Laboratoriums).

Von Dr. R. THUN.
Versuchsring-Laboratorium Angeln, Kappeln (Schlei).

Eine der dringendsten Aufgaben der angewandten Chemie im neuen Deutschland liegt auf dem Gebiet der Landwirtschaft, bedeutet doch die Steigerung der Leistung der Landwirtschaft heute und in Zukunft mehr denn je eine Lebensfrage für das deutsche Volk. Alle Maßnahmen, die geeignet sind, die Produktionsfähigkeit der Landwirtschaft, insbesondere der großen Masse der bäuerlichen Betriebe, zu steigern, bedürfen deshalb heute größter allgemeiner Beachtung und staatlicher Förderung.

Diese Förderung hat vor allem beim Grund und Boden, dem wichtigsten Betriebskapital der Landwirtschaft, einzusetzen, damit dieser zum Nutzen des Bauern selbst wie zum Nutzen des Gesamtvolkes seine höchste Leistungsfähigkeit entfaltet. Der Bauer allein wird jedoch die hohe Verpflichtung, die er dem Volksganzen gegenüber übernommen hat — jede falsche Maßnahme, die die Leistungsfähigkeit des Bodens vermindert, muß die Nation mit Devisen bezahlen —, niemals restlos erfüllen können, wenn ihm nicht die modernen Hilfsmittel chemisch-wissenschaftlicher Forschung billig und in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt werden.

Weit über den heute üblichen Rahmen hinaus ist deshalb der landwirtschaftlich gründlich ausgebildete Agrikulturchemiker an der richtigen Stelle einzugliedern, damit die gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse Allgemeingut der Millionen deutscher landwirtschaftlicher Betriebe werden und jedem deutschen Bauern die Erfüllung seiner Verpflichtungen erleichtert wird. Nicht nur als reiner Wissenschaftler oder Forscher, dem die Aufgabe gestellt ist, neue Produktionsmethoden, neue Produktionsmittel zu schaffen und neue Wege in der Verwertung der Produktionsgüter aufzuzeigen, sondern heute vor allem durch tatkräftige Mitarbeit in der Praxis des landwirtschaftlichen Betriebes, d. h. als landwirtschaftlicher Betriebschemiker.

Wir brauchen in der Landwirtschaft unbedingt die strenge systematische Kontrolle und Leistungsprüfung wie in der Industrie, die seit langem verstanden hat, ihren Produktions-

prozeß aufs sorgfältigste zu kontrollieren, sehr zu ihrem Nutzen, beruht doch gerade der Vorsprung der deutschen, besonders der chemischen Industrie, gegenüber dem Ausland auf der führenden Mitarbeit des Wissenschaftlers. Zwar gibt es bereits eine ganze Reihe fortschrittlicher Betriebe, die die systematische Kontrolle eines wichtigen Betriebszweiges, der Milchwirtschaft, eingeführt haben, aber die Kontrolle des Bodens, von dem schließlich alle anderen Betriebszweige abhängig sind, liegt noch sehr im argen! Hier liegt aber das Hauptproblem, das zu lösen ist und das in seiner Bedeutung so leicht durch kein anderes übertroffen wird. Dieses Problem heißt kurz zusammengefaßt: Erhaltung und Steigerung der Fruchtbarkeit des deutschen Grund und Bodens mit dem Ziel einer ausreichenden und gleichzeitig billigen Eigenversorgung der gesamten deutschen Bevölkerung.

Um dieses große Ziel zu erreichen, ist es erforderlich, die für chemische Arbeiten vorhandenen Organisationen so auszubauen, daß eine bessere Auswirkung nach unten erzielt werden kann. Diese vorhandenen Organisationen sind die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, die neue Kräfte für neue Aufgaben heranbilden müssen. An diese sind besonders hohe Anforderungen zu stellen, da sie nicht nur chemisch, agrikulturchemisch, physikalisch-chemisch, kolloidchemisch und biologisch gut ausgebildet sein müssen, sondern auch in landwirtschaftlich-technischen Dingen weitgehendes Verständnis besitzen sollen. Nicht zuletzt sollen sie aber auch Sinn für Bauernart und bäuerliches Denken haben, da nur so das erforderliche Vertrauen zu gegenseitiger erfolgreicher Zusammenarbeit zu gewinnen ist. Der für diese neuen Aufgaben zu gewinnende Chemiker muß ferner genügend Idealismus zur Sache besitzen, denn es wird besonders in der Aufbauzeit heißen: „Mit wenig Mitteln viel erreichen". Schließlich hat er als Chemiker in einem Grenzgebiet der Chemie ein Kämpfer für die Interessen seines Berufsstandes zu sein. Er hat ganz besonders darauf zu achten, daß er sich in allen chemischen Fragen die ausschlaggebende Führung sichert und daß chemische Arbeit auch in der Landwirtschaft die ihrem Wert entsprechende Anerkennung erhält. Derartig ausgebildete Chemiker sind zurzeit in Deutschland sicher selten, um so mehr ein Anlaß, sie heranzubilden und zum Nutzen der Landwirtschaft und der deutschen Volkswirtschaft einzusetzen.

Der Plan zur intensiven Ausgestaltung des landwirtschaftlichen Untersuchungswesens liegt begründet in den Erfahrungen

des nunmehr bereits im 9. Jahr arbeitenden Versuchsring-Laboratoriums in Angeln, das als erstes landwirtschaftliches Betriebslaboratorium in Deutschland bezeichnet werden kann und das seit 1925 auf dem Gebiet der Ackerkontrolle die Forderungen erfüllt, die heute allgemein als dringend notwendig bezeichnet werden. Seine Arbeiten seien zunächst in seinen allgemeinen Zielen, dann in den wichtigsten praktischen Erfahrungen geschildert.

Allgemeine Ziele und Organisation.

Das Laboratorium wurde im Jahre 1925 von Bauern der Landschaft Angeln gegründet und mit einem Chemiker als Leiter und 4 Hilfskräften besetzt. Seine Hauptaufgabe bestand darin, in Verbindung mit Feldversuchen der gleichzeitig ins Leben gerufenen Versuchsringe durch systematische Laboratoriumsuntersuchungen eine schnelle Klärung der Nährstoffverhältnisse im Boden herbeizuführen, eine rationelle Düngung darauf aufzubauen und durch laufende etwa alle 2—3 Jahre sich wiederholende Untersuchungen jeden Schlag der angeschlossenen Betriebe unter Kontrolle zu halten.

Zur Lösung dieser Aufgabe wäre eine Beschränkung der Laboratoriumsarbeit auf rein analytische Tätigkeit, wie sie häufig als ausreichend angesehen wird, verfehlt gewesen. Um die Ergebnisse der Untersuchungen für die Praxis mit größtem Nutzen verwerten zu können, war eine enge Zusammenarbeit mit den Versuchsringen erforderlich, eine Forderung, die in Angeln aufs beste erfüllt werden konnte. Bekanntlich bedürfen alle Bodenuntersuchungsmethoden mehr oder weniger der Kontrolle durch die Praxis, und es ist notwendig, ihren Anwendungsbereich durch genaue Versuche und Vergleiche für einheitliche durch Boden, Klima und Früchte begrenzte Gebiete festzulegen. Nur bei Beachtung dieser Voraussetzung kann die Bodenkontrolle mit größtem Erfolg einsetzen. Diese Zusammenarbeit ist ferner bei der Prüfung neu aufkommender Bodenuntersuchungsmethoden, neuer Düngemittel und anderer wichtiger Fragen erforderlich und in einem Laboratorium der Praxis in kürzester Zeit und mit einer speziell für den betreffenden Arbeitsbezirk gültigen Lösung durchzuführen. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse werden demnach, sobald sie von Nutzen sind, eine schnelle Verbreitung bis in den kleinsten bäuerlichen Betrieb erfahren.

Die ständige und nahe Verbindung mit der Praxis ist das wesentlichste Kennzeichen eines solchen Betriebslabo-

ratoriums. Sie ist aufrechtzuerhalten durch regelmäßige Besprechungen mit dem Versuchsringleiter und den Lehrkräften der bäuerlichen Werkschule und Wirtschaftsberatungsstelle, ferner durch Teilnahme an Feldbegehungen, an Ringversammlungen, an Versammlungen der Bezirks- und Ortsbauernschaften, ferner durch Veröffentlichungen in den landwirtschaftlichen Beilagen der Tageszeitungen, durch Rundschreiben, Jahresberichte usw. Wertvoll sind schließlich die leicht zu ermöglichenden Besichtigungen des Laboratoriums durch den Bauern.

Die lebendige Verbindung zwischen Laboratorium und Praxis darf niemals abreißen. Anregungen für neue Versuche sowie Anleitungen und Richtlinien zur Auswertung der Ergebnisse müssen vom Laboratorium ausgehen. Niemals darf der Laboratoriumsleiter sich darauf beschränken oder beschränken lassen, nur reiner Analytiker zu sein. Mit der Ausführung der Analysen allein, und wenn sie noch so richtig sind, ist es nicht getan. Der Leiter muß praktische Ratschläge geben können, wenn er Vertrauen gewinnen will. Vertrauen aber ist Voraussetzung dafür, daß das Laboratorium ständig in Anspruch genommen wird.

Die Bodenuntersuchung für ein derartiges Laboratorium muß so stark entwickelt sein, daß sie allein das Laboratorium trägt. Andere Arbeiten, die einem Betriebslaboratorium alsbald laufend übertragen werden, sind als zusätzlich zu betrachten. Unter diesen ist besonders zu erwähnen: Eiweißkontrolle der wirtschaftseigenen Futtermittel, Kontrolle der Silofutterherstellung, Mergel-, Jauche-, Saatgut-Untersuchungen, evtl. Zusammenlegung mit Milchuntersuchungsstellen der Milchviehkontrollvereine, Qualitätskontrolle der Milch, möglichst kostenlose Untersuchung der sich bei der Durchführung von Versuchen aller Art ergebenden Proben. Ferner sind zu bearbeiten: Fragen aus dem Gebiet der Bodenphysik und Bodenbiologie (Bodenbearbeitung, Garezustand, Fruchtfolge, Stallmistwirkungen, Pflanzenkrankheiten, soweit sie mit dem Boden zusammenhängen usw.).

Das wissenschaftlich anfallende Material ist so umfangreich, daß der Laboratoriumsleiter nicht imstande ist, alle Probleme anzufassen oder gar selber zu lösen. Besonders wichtig erscheinende Fragen sind deshalb der wissenschaftlichen Zentralstelle zur Bearbeitung zu überweisen, denn das Laboratorium soll ja kein wissenschaftliches, sondern in erster Linie ein Betriebs- und Kontroll-Laboratorium sein. Es ist also dem Werklaboratorium

eines größeren Industrieunternehmens vergleichbar. Damit wird im Grunde genommen nichts Neues geschaffen, da zu diesem Zweck ursprünglich auchdie landwirtschaftlichen Versuchsstationen gegründet worden sind. Heute soll nur, den Anforderungen unseres Staates entsprechend, eine erhebliche Verbreiterung und Vertiefung der Wirkungsmöglichkeit der Versuchsstationen geschaffen werden.

Die Notwendigkeit dieses Ausbaues ergibt sich aus folgendem: Wird die Bodenuntersuchung auf eine systematische Grundlage gestellt, so ergeben sich Massenanalysen. So erklärt es sich, daß bereits nach 2jähriger Arbeit im Versuchsring-Laboratorium Angeln mit einem Arbeitsbezirk von der Größe des 15. Teiles der Provinz Schleswig-Holstein bereits ebenso viele Bodenuntersuchungen ausgeführt wurden wie von sämtlichen preußischen Versuchsstationen zusammen, und noch heute steht vermutlich das Laboratorium mit 16600 *Neubauer*-Analysen an führender Stelle. Die Ursache für diese Massenuntersuchungen lag darin begründet, daß jeder dem Versuchsring angeschlossene Betrieb sich verpflichtete, mindestens für die Dauer von 3 Jahren dem Versuchsring anzugehören und einen festen Beitrag als Pauschale für eine bestimmte Anzahl von Analysen zu bezahlen. Erst 1932 mußte als Folge der allgemeinen Krise diese Regelung fallen gelassen und das Laboratorium auf selbständige kaufmännische Grundlage gestellt werden. Jedem Bauern war es nunmehr freigestellt, ob und wie viele Untersuchungen er ausführen lassen wollte. Trotz dieses Risikos konnte das Laboratorium in den beiden vergangenen Jahren 1932 und 1933 seine Existenz erhalten, der beste Beweis für den wirtschaftlichen Erfolg der bisherigen Arbeiten. Die Versuchsringmitglieder hatten sich in den Jahren der Mitgliedschaft derart an eine exakte Düngung gewöhnt, daß sie es nicht mehr wagten, zu einer gefühlsmäßigen Düngung zurückzukehren. Im Durchschnitt sandte jeder Betrieb jährlich 3 Proben, eine Zahl, die für bäuerliche Betriebe als normal anzusprechen ist. Nach diesen Erfahrungen kann kein Zweifel mehr bestehen, daß der Gedanke der planmäßigen Bodenkontrolle immer mehr um sich greifen wird, sofern nur im anfänglichen Aufbau richtig verfahren wird.

Es ist demnach abwegig, wenn gesagt wird, daß das Interesse für Bodenuntersuchungen aufhören werde, sobald der Bauer sich durch einmalige Untersuchung seiner Schläge über den Nährstoff-

gehalt seiner Böden orientiert habe. Der Sinn der richtig verstandenen Bodenuntersuchung ist ein ganz anderer: Nach vorangegangener Klärung der Nährstoffverhältnisse in jedem einzelnen Betriebe ist durch eine dauernde systematische Weiterkontrolle in bestimmter Wiederkehr für die Aufrechterhaltung eines harmonischen Nährstoffverhältnisses im Boden und darüber hinaus für eine Erhaltung und Steigerung der Leistungsfähigkeit der Böden zu sorgen. Dabei ist klar, daß diese Maßnahmen noch eine wesentliche Erweiterung und Verfeinerung unserer Untersuchungsmethoden erfordern. Das nächstliegende Ziel, die Kenntnis des wurzellöslichen Nährstoffvorrates an Phosphorsäure und Kali, des Reaktions- und Kalkzustandes und eine darauf aufgebaute sachgemäße Düngung läßt sich jedoch bereits jetzt mit unseren heutigen Untersuchungsverfahren weitgehend erreichen. Der beste Beweis hierfür ist das, was kritische Praktiker nach mehrjährigen systematischen Untersuchungen zu diesen Errungenschaften agrikulturchemischer Wissenschaft sagen: „daß mit den Nährstoffeststellungen der Fachwissenschaft ein ganz ungeheuer großer Erfolg zum Nutzen der praktischen Landwirtschaft gelungen ist". Wer als denkender Praktiker mehrjährig Bodenuntersuchungen systematisch, d. h. in regelmäßiger Wiederkehr auf allen Schlägen, hat durchführen lassen, wagt es nicht mehr, in Zukunft Kunstdünger anzuwenden, ohne sich über die Nährstoffverhältnisse in seinem Boden vorher stets Klarheit verschafft zu haben.

Diese Einstellung haben wir in Angeln bei einer großen Zahl von Bauern erreicht, so daß diese nunmehr auch ohne Kunstgriffe, wie Einbeziehung von mehreren Bodenproben in den Versuchsringbeitrag, Jahr für Jahr eine feste Zahl von Proben einsenden. Es ist unser Ziel, zunächst einmal 1000 Betriebe für diesen Gedanken zu gewinnen, die alsdann bei 2—3 Proben pro Jahr und Betrieb dem Laboratorium bereits innerhalb eines Arbeitsgebietes von der Größe eines Kreises eine gesicherte Grundlage geben würden. Zu drei Viertel ist dieses Ziel bereits erreicht. Die dabei zu überwindenden Schwierigkeiten liegen hauptsächlich auf organisatorischem Gebiet, da bei der großen Zahl der zu betreuenden Betriebe die Ringleiter häufig nicht in der Lage sind, die örtlichen Auswertungen der Untersuchungsergebnisse und die daran sich anschließende Aufstellung der Düngerpläne überall und zeitig genug auszuführen. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Probe-

entnahme, die rechtzeitig und sachgemäß vorgenommen werden muß. Konnten ursprünglich bei etwa 350 Betrieben und 10 Ringleitern die Proben bequem und zuverlässig von den Ringbeamten entnommen werden (je Ringleiter etwa 200—300 Proben), so müssen heute bei 700 Betrieben und 5 Ringleitern andere Wege eingeschlagen werden. In jeder Gemeinde ist deshalb vom Ortsbauernführer ein Probenehmer ernannt worden, der vom Ringleiter ausgebildet und gelegentlich kontrolliert wird und der als Entschädigung für jede Entnahme 0,50 RM. erhält. In vielen Fällen ist der Probenehmer gleichzeitig Kontrollbeamter der Milchviehkontrollvereine. Teilweise sind Betriebe auch dazu übergegangen, ihre Proben selber zu entnehmen, doch dürfte sich dies, obwohl es als das Gegebenste anzusehen ist, nur bei größeren Betrieben schneller einbürgern. Die Stetigkeit der Probeeinsendung ist vorläufig mehr gewährleistet, wenn in jedem Dorf ein Probenehmer diese Arbeit übernimmt. Auf die richtige Organisation der Probeentnahme ist besonders Wert zu legen, da sie eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen einer systematischen Bodenkontrolle ist. Alles andere muß sich dann zwangsläufig entwickeln.

Praktische Ergebnisse der Bodenkontrolle.

Die Zahl der bisher ausgeführten Untersuchungen ist folgende:

Neubauer-Analysen	16652
Dirks-Analysen	908
p_H und Kalkbedarf	18000
Stickstoffanalysen	1152
Eiweißanalysen	1336
Verschiedenes	854

Die Zahl der bis zum Jahr 1932 jährlich kontrollierten Schläge belief sich auf 2000—2500. Bei dieser Analysenzahl waren wir damals in der Lage, die Untersuchungen zu einem billigeren Preis herauszubringen, als es den Zentralinstituten mit weniger Untersuchungen trotz staatlicher Beihilfen möglich war.

Die Bodenuntersuchung erstreckt sich auf die Bestimmung von Phosphorsäure und Kali nach *Neubauer*, in den letzten Jahren zum Teil auch nach *Dirks-Scheffer* und anderen neueren Methoden, die die Nährstoffkonzentrationen der Bodenlösungen berücksichtigen, teilweise auf NO_3-Stickstoff, auf die p_H-Zahl und auf den Kalkbedarf. Letzterer wird berechnet aus der hydrolytischen und Austauschsäure.

Um den Kalk als Hüter der Bodenfruchtbarkeit bei der Besprechung vorwegzunehmen, so mußten wir bei Beginn unserer Untersuchungen alsbald feststellen, daß Böden mit einem ausreichenden Kalkvorrat kaum vorhanden waren. Neutrale Bodenreaktion war nur verhältnismäßig selten festzustellen, obwohl Boden (zu 80% sandiger Lehm bis Lehm) und angebaute Früchte, wie Weizen, Gerste, Klee, Rüben, diesen Kalkzustand für höchste Erträge verlangen. Die auf Grund unserer Untersuchungen einsetzenden Maßnahmen der Bauern ließen nun bald eine Besserung des Kalkzustandes der Böden erkennen, die allerdings keine Vermehrung der neutralen Böden (das hätte sich nur durch Mergelungen erreichen lassen), sondern vor allem eine Abnahme der stärker versauerten Böden, der austauschsauren Böden, anzeigte. Am deutlichsten war die Verbesserung des Kalkzustandes an der Veränderung der hydrolytischen Säure ersichtlich, da die p_H-Zahlen im Laufe der Jahre nach verschiedenen nicht vergleichbaren Methoden ausgeführt wurden. Der prozentuale Anteil der Böden mit einer hydrolytischen Säure von y_1 über 13 cm³ fiel von 1928—1934 von 32 auf 17%, während in der Gruppe 6—10 cm³ ein Ansteigen von 21,2 auf 47,9% festzustellen war. Böden mit weniger als 6 cm³ sind nur mit etwa 6% vertreten.

Stärker saure Böden, die in den ersten Jahren durch eine größere Austauschsäure (etwa über 2 cm³) aus dem Normalen herausfielen und die von den Bauern als ertragsunsicher und z. T. als unfruchtbar bezeichnet wurden, sind in den letzten Jahren nahezu verschwunden, so daß augenscheinlich starke Säureschäden auf den Schlägen der alten Mitglieder nicht mehr auftreten. Trotzdem vernachlässigen wir die Säurefrage in Zukunft keineswegs, da einmal stets neue Betriebe mit durchweg schlechten Kalkzahlen hinzukommen, zum anderen es unser Ziel ist, die p_H-Zahlen, in Wasser gemessen, im Durchschnitt auf 6—7 zu bringen. Zurzeit beträgt dieser Anteil nur etwa 30%. Unsere dringendste Aufgabe ist selbstverständlich, die austauschsauren Böden restlos zu beseitigen. Auch geringe Säuremengen, etwa 0,5 cm³, wirken sich bei empfindlichen Pflanzen bereits so schädlich aus, daß Ernteminderungen mit bloßem Auge erkannt werden können.

Zu den Bestimmungsmethoden selbst ist zu sagen, daß wir die p_H-Bestimmung in den letzten Jahren in wäßriger Aufschwemmung ausgeführt haben. Dabei hat uns die Bariumsulfatmethode von *Kühn* sehr gute Dienste getan. Die alleinige p_H-Bestimmung in KCl-Lösung, wie sie vielfach ausgeführt wird (vor allem von Landwirtschaftsschulen, wissenschaftlichem Arbeitsdienst) halten wir nicht für ausreichend, sofern es darauf ankommt, die Bodenreaktion als pflanzenphysiologischen Wert zu erfassen. In diesem Falle ist es erforderlich, das Pflanzenwachstum in Beziehung zu setzen zu einer H-Ionenkonzentration, wie sie unter natürlichen Verhält-

nissen, also unter dem Einfluß von Wasser, vorhanden ist. Erst in zweiter Linie interessiert uns auch der p_H-Wert in einer Salzlösung. Demnach sollten entweder beide p_H-Zahlen bestimmt werden, wenn aber eine, dann nur die in Wasser. Stets sollte dazu eine titrimetrische Bestimmung der hydrolytischen und Austauschsäure ausgeführt werden, da sich aus ihrer Höhe besonders gut die Kalkverarmung des Bodens bzw. die Größe der Gefahr einer evtl. Pflanzenschädigung erkennen läßt.

Um die Beziehungen zwischen Bodenreaktion und Pflanzenwachstum für unser Gebiet zu klären, wurde die statistische Methode, also die Beurteilung des Pflanzenwachstums auf dem Felde in Verbindung mit den vorliegenden Aciditätszahlen angewandt. Wenn auch nicht verkannt werden darf, daß diese Methode gewisse Fehlerquellen in sich schließt, da wir die zahlreichen Einflüsse der Witterung und der evtl. gegebenen sauren oder alkalischen Düngung nicht ausschließen können, so werden doch zahlreiche Beobachtungen uns allmählich die Beziehungen finden lassen, wie sie praktisch von Bedeutung sind.

In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, daß verschiedene Sorten derselben Kulturpflanze verschiedene Ansprüche an die Bodenreaktion stellen, worauf *Arrhenius* bereits hinwies. Diese Beobachtungen konnten wir in unserem Gebiet besonders bei S.-Gerstensorten machen. Es zeigte sich eindeutig, daß die Sorten Egelfinger Hado und Ackermanns Bavaria auf mittelsauren Böden ebenso gute Erträge brachten wie auf neutralen Böden, während Svalöfs Goldgerste und Ackermanns Isaria auf mäßig sauren Böden stets mit einem Ertragsabfall von durchschnittlich 3,5—4 dz/ha reagierten. Bemerkenswert ist schließlich das Verhalten einer einheimischen anspruchslosen Landsorte, die in mehreren Versuchen ständig auf neutralem Boden schlechtere Erträge brachte als auf saurem Boden.

Bei der Berechnung des Kalkbedarfs ist zwischen leichten und schweren Mineralböden und anmoorigen und Moorböden zu unterscheiden. Bekanntlich kalkt man den Boden und nicht die Pflanze. Das gilt besonders für den schweren Boden. Ohne uns so sehr um die praktisch kaum zu lösende Frage zu kümmern, welche Kalkmenge zu einer bestimmten Frucht den höchsten Ertrag bringt, sehen wir unsere Aufgabe vor allem darin, durch systematische Kontrolle und häufigere Kalkungen den für schweren Boden und anspruchsvolle Früchte günstigsten Reaktionszustand, etwa 6,5—7,3 $p_H(H_2O)$ zu erreichen. Ist der Boden gesund gekalkt, so wird durch die Kontrolle rechtzeitig auf die Gabe einer Erhaltungskalkung hingewiesen. Besondere Reaktionsansprüche einzelner Kulturpflanzen nach der sauren oder alkalischen Seite hin können mit gutem Erfolg durch entsprechende Auswahl der Düngemittel befriedigt werden.

Auf leichten Böden ist es ausreichend, eine p_H-Zahl von 6 in Wasser zu erstreben. Auch hier hat man es dann noch stärker als beim schweren Boden in der Hand, durch passende Auswahl von Düngemitteln, durch sogenannte Reaktionsstöße, die Erträge in günstigem Sinne zu beeinflussen.

Die Berechnung des Kalkbedarfs auf stark humosen Sandböden und Moorböden ist bekanntlich bisher noch nicht eindeutig gelöst. Das Problem ist für uns weniger akut, da die erste Art Böden nicht vorhanden ist und Moorböden ausschließlich als kalkreiche Niederungsmoorböden vorliegen. Durch entsprechende Auswertung von p_H-Zahl, hydrolytischer Säure und Austauschsäure kann man aber auch hier im gegebenen Fall vorläufig zu praktisch brauchbaren Ergebnissen kommen.

Von nicht geringer Wichtigkeit sind bei einer Kalkdüngung die indirekten Wirkungen, insbesondere auf die Löslichkeit anderer Nährstoffe. Diese wird bei armen Böden fast stets vergrößert. In einer größeren Anzahl von Versuchen konnten wir nach stattgefundenen Kalkungen einen höheren Gehalt an Nitratstickstoff und bei schweren Böden etwa 1 mg P_2O_5 und 1,5—2 mg K_2O mehr als vor der Kalkung feststellen. Bei Phosphorsäure hielt diese Wirkung für mehrere Jahre vor, während bei Kali auf leichten Böden bereits nach einem halben Jahr ein erheblicher Abfall, verursacht durch Auswaschung, zu beobachten war. Bei schweren absorptionskräftigeren Böden war jedoch ein solcher Abfall nicht festzustellen, sondern vielmehr eine Anreicherung. Das ergibt sich aus folgender Aufstellung: Die Phosphorsäurebedürftigkeit einer Jahreskontrolle betrug bei sauren Böden 87,7%, bei neutralen Böden 39,8%, die Kalibedürftigkeit bei sauren Böden 61,0%, bei neutralen Böden 27,6%.

Ähnlich wie beim Kalk wurden auch bei Phosphorsäure und Kali die Gehaltsveränderungen im Boden jährlich statistisch erfaßt. Bei Beginn der Arbeit im Jahre 1925 lag ein starker Mangel an Phosphorsäure vor, der sich unter der Wirkung der Kontrolle sehr schnell verminderte und von nahezu 80% (Böden unter 4 mg) auf etwa 37% herunterging. Dafür zeigte die Gruppe der mittel- bis gut versorgten Böden (4—6 mg) ein ständiges Steigen, ein Beweis, wie sicher die analytische Kontrolle auf die Veränderung der Böden in der Praxis reagiert und umgekehrt. Diese Gruppe mußte nach den Düngungsangaben steigen, da wir unsere Düngungen auf 5 bzw. 6 mg einstellen, nach einer Ernte also ein Gehalt von 4—6 mg vorhanden sein mußte, wenn die empfohlenen Düngungen wirklich gegeben worden waren. In dieser Beziehung ist jedoch der Bauer sehr genau, ja genauer, als es in Anbetracht der uns bekannten Fehlergrenzen erforderlich ist.

Beim Kali sind aus erklärlichen Gründen nur sehr schwer Anreicherungen im Boden durchzuführen, im Gegenteil, es läßt sich

berechnen, daß bei genauer theoretischer Gabe der die Ernte sicherstellenden Düngung ein langsamer Abbau des Bodenkalivorrats eintritt. In unseren Düngungsberechnungen ist jedoch hiergegen Vorsorge getroffen. Die Anzahl der düngungsbedürftigen Böden (0—15 mg) hält sich bei etwa 50%, und wesentliche Verschiebungen waren kaum zu erreichen. Was dagegen ziemlich schnell erreicht werden kann, ist der Abbau der Kalivorratsböden, die allerdings nur 2—3% ausmachen. Als günstigste Gehaltsgruppe betrachten wir diejenige von 15—25 mg. Böden mit weniger als 10 mg sollten nicht vorhanden sein. Sie werden durch die Kontrolle mit der Zeit ebenso wie bei Phosphorsäure Böden mit weniger als 3 mg völlig zum Verschwinden gebracht, so daß eine Mißernte, die allein auf Nährstoffmangel zurückzuführen wäre, nicht mehr vorkommen kann.

Als anzustrebendes harmonisches Nährstoffverhältnis der wurzellöslichen Bodennährstoffe ist anzusehen:

bei Getreide	1 Teil P_2O_5 zu 3 Teilen K_2O
bei Hackfrüchten	1 Teil P_2O_5 zu 4 Teilen K_2O
bei Klee, Wiesen, Weiden...	1 Teil P_2O_5 zu 3,5 Teilen K_2O

Demnach muß rund 3—4mal soviel Kali wie Phosphorsäure in wurzellöslicher Form im Boden vorhanden sein. Der Nährstoffvorrat braucht nicht unbedingt ein sehr hoher zu sein, um höchste Ernten zu erzielen. Es wurde z. B. ein Boden mit 4 mg P_2O_5, 17 mg K_2O und 6,8 p_H als in hoher Kultur befindlich und sehr ertragreich bezeichnet. Bei richtigem Nährstoffverhältnis, geordnetem Kalk- und Humuszustand, günstiger Jahreswitterung können auch mit normalen Gehaltszahlen Rekordernten erzielt werden, die wir bis zu 50 dz/ha Weizen und Wintergerste und 44 dz/ha Roggen festgestellt haben. Das Wichtigste ist, den Boden so zu bereiten, daß die Pflanzen zur höchsten Ausnutzung der im richtigen Verhältnis vorhandenen Nährstoffe befähigt werden. Diese Aufgabe kann nur durch eine systematische Kontrolle des Bodens gelöst werden. Von größtem Wert wäre es, auch für die Bestimmung der Bodengare Untersuchungsmethoden herauszubringen, um auch hier den jeweiligen Zustand, Entstehungsbedingungen und Veränderungen analytisch festzuhalten. Bodengare im weitesten Sinne, also physikalisch, physikalisch-chemisch und biologisch aufgefaßt, und ein harmonisches Nährstoffverhältnis aller lebenswichtigen Mineralstoffe sind die Voraussetzungen jeder Fruchtbarkeit. Ein gewaltiges Arbeitsgebiet für den Wissenschaftler, aber ein ebenso großes und schönes für denjenigen, der die Ergebnisse der Forschung für die Praxis nutzbar zu machen hat.

Der Erfolg unserer Arbeiten hinsichtlich der Herstellung eines bestimmten Nährstoffverhältnisses im

Boden zeigt sich sehr klar in den Durchschnittszahlen der Betriebe, wobei Unterschiede in den Betriebsgrößen kaum vorhanden sind. Die Kontrolle hat hier eine weitgehende Gleichheit hergestellt, die unseren mittleren Grenzzahlen entspricht: 5 mg P_2O_5 und 17 mg K_2O.

Betriebsgröße	P_2O_5	K_2O
0— 10 ha........	5,1	17,7
10— 25 ha........	4,8	16,0
25— 50 ha........	4,8	15,3
50—100 ha........	4,5	17,2
über 100 ha........	4,7	17,4

Nach Feststellung des Gehaltes des Bodens an P_2O_5 und K_2O ergibt sich die sehr wichtige Frage nach der auf Grund dieser Zahlen zu berechnenden Düngung. Dazu benötigen wir die Kenntnis des Düngebedürfnisses der Pflanzen, das bekanntlich für die einzelnen Kulturpflanzen sehr verschieden ist und von ihrem Nährstoffbedürfnis, d. h. der Menge an Nährstoffen, die in einer bestimmten Ernte enthalten ist, sowie von ihrer größeren oder geringeren Fähigkeit, sich die Nährstoffe des Bodens und der zugeführten Düngung anzueignen, abhängig ist. Diese Ausnutzungsfähigkeit ist aber nicht nur eine Eigenschaft der Pflanze, sondern wird auch weitgehend von anderen Faktoren, wie Witterung, Bodenart, physikalischem Bodenzustand, Bodenreaktion und Düngungszustand beeinflußt.

Neben den durch die Ernte entzogenen Nährstoffmengen, der Tiefe und des Verhältnisses von Feinerde zu groben Anteilen in der Ackerkrume bildet aber die Ausnutzungsfähigkeit die Hauptgrundlage für die Düngungsberechnung. Hier ist fraglos die größte Schwierigkeit bei der Auswertung der *Neubauer*-Analyse für die Praxis zu suchen. Wenn es möglich ist, diese Faktoren richtig zu erkennen und ihrem Einfluß entsprechend zu berücksichtigen, so wird aus der Schwäche eine Stärke. Es ist die Aufgabe einer Arbeitsgemeinschaft zwischen chemischem Laboratorium und den mit Feldversuchsdurchführungen betrauten Stellen (Versuchsringe) für Gebiete, die in bezug auf Boden und Klima einheitlich sind, diese Faktoren und damit auch die die Düngungsberechnung vereinfachenden Grenzzahlen festzustellen. In diesem Sinne haben wir in Angeln gearbeitet und dabei mit folgenden Grenzzahlen eine durchschnittlich 90%ige Übereinstimmung mit den Feldversuchen (1300 Düngungsversuche) erzielt:

Grenzzahlen für gute Normalernten

	P_2O_5 im Durchschnitt	im einzelnen	K_2O im Durchschnitt	im einzelnen
Getreide	5,5 mg	4,5—6 mg	17 mg	13—23 mg
Hackfrüchte ..	7,0 mg	6,0—8,0 mg	30 mg	28—32 mg
Kleegras, Wies., Weiden (Mineralboden)	4,0 mg	—	15,0 mg	—
Wiesen, Weiden (Moorboden)..	6,0 mg	—	20,0 mg	—

Unter Benutzung dieser Grenzzahlen erfolgt dann im Laboratorium auf Grund der näheren Angaben des Probenehmers über Bodenart, Vorfrucht, anzubauende Frucht, letzte Stallmistgabe, Kalkdüngung usw. eine Berechnung der Düngung. Die alsdann an den Bauern herausgegebenen Untersuchungsbefunde enthalten außer den gefundenen mg-Zahlen (bei *Dirks*-Untersuchungen nur ein qualitatives Urteil), der p_H-Zahl, hydrolytischen und Austauschsäure die in dz/ha berechnete Düngung, angegeben in sämtlichen üblichen Düngemitteln. Zu bevorzugende Düngerformen werden unterstrichen. Die Befunde gehen nicht direkt, sondern über den Versuchsringleiter an den Bauern, damit dieser nach Erhalt sämtlicher für das betreffende Jahr in Frage kommenden Analysen den Düngungsplan aufstellt. Da nicht jedes Jahr sämtliche Schläge untersucht werden können, muß bei den Schlägen, von denen im letzten Jahr keine Untersuchung vorliegt, eine Nährstoffbilanzrechnung auf Grund einer früheren Untersuchung durchgeführt werden. Diese darf dann jedoch nicht mehr als 2—3 Jahre zurückliegen. Der Ringleiter ist nunmehr in der Lage, unter weitgehender Berücksichtigung der Fruchtfolge, der Stallmistdüngung und nicht zuletzt des vom Bauern zur Verfügung gestellten Düngerkapitals den endgültigen Düngungsplan aufzustellen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse ist man in einzelnen Ländern und Provinzen aus anschaulichen und psychologischen Gründen dazu übergegangen, den Bauern farbige Nährstoffkarten vorzulegen. Wir sind jedoch der Meinung, daß Arbeitsaufwand und Kosten in keinem Verhältnis zum Nutzen der Karten stehen, da die Grundlagen der Karten sich bereits in kurzer Zeit stark geändert haben können. Zur Veranschaulichung eines gegebenen Zustandes können derartige Karten jedoch von beträchtlicher Wirkung sein, sie kommen aber wegen der großen Kosten nur für

Güter bzw. ganze Landschaften in Frage (vgl. Reaktions- und Nährstoffkarten von Angeln). Bei einer systematischen Bodenkontrolle können für den einzelnen Betrieb derartige Ausgaben gespart werden, da alles Notwendige in den für jeden Schlag vorliegenden und ständig den letzten Stand der Nährstoffverhältnisse klar angebenden Untersuchungsformularen enthalten ist und außerdem im Feldbuch alle erforderlichen Eintragungen vorgenommen werden.

Vielfach besteht die Ansicht, man könne nach einmaliger Untersuchung der Schläge eines Betriebes die Kosten einer weiteren Kontrolle sparen, indem man die Nährstoffe im Boden auf statischem Wege berechnet. Das ist, wie eigene Beobachtungen gezeigt haben, für 1—2, vielleicht auch für 3 Jahre möglich, bei längerer Zeit stellt sich jedoch aus leicht erklärlichen Gründen, wie Unkenntnis der Auswaschungsverluste, ungenaue Schätzung des Ernteertrages und damit des Nährstoffentzuges, der Menge und Qualität des Stallmistes, Beeinflussung der Nährstoffe durch eine Kalkdüngung, durch Bodenbearbeitung usw. eine unvermeidliche Differenz ein. Bei gleichmäßigen Schlägen, sorgfältiger Probeentnahme kann man jedoch in vielen Fällen für 2—3 Jahre eine gute Übereinstimmung zwischen berechnetem und analytisch gefundenem Wert erzielen. Beispiel:

P_2O_5: Gehalt im 1. Jahr: 3,1 mg,
am Ende des 2. Jahres berechnet: 4,9 mg; gefunden 5,2 mg.

K_2O: Gehalt im 1. Jahr: 23,6 mg,
am Ende des 3. Jahres berechnet: 12,5 mg; gefunden 11,4 mg.

Dieser letztere Boden erhielt im 1. Jahr nur eine Stallmistdüngung und danach keine Düngung. Der schnelle Abbau des Bodenkalivorrates in diesem Fall ist besonders eindringlich. Der einfachste Weg, alle Faktoren, die eine Nährstoffänderung im Boden bewirkt haben könnten, zu berücksichtigen, ist der der systematischen Kontrolle. Die Lösung dieser Kontrolle sehen wir in Angeln darin, daß wir sämtliche armen Böden auf eine Gehaltszahl von 5—6 mg P_2O_5 und 17—20 mg K_2O zu bringen versuchen. Ist dieses Ziel erreicht, so wird Ersatzdüngung gegeben und alle 2—3 Jahre durch eine Kontrolle festgestellt, ob Nährstoffverhältnis und Nährstoffhöhe sich gehalten haben.

Wie wirkt sich diese Kontrolle nun im Laufe der Jahre beim Einzelbetrieb aus? Wir sahen bei der Betrachtung der zusammengefaßten Ergebnisse ein Verschwinden der armen wie der reichen Böden. Dasselbe ist auch beim Einzelbetrieb, nur sehr viel anschaulicher, der Fall. Würde man die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Schläge in ein Koordinaten-

system hineinzeichnen und die zu erstrebende Grenzzahl (etwa 5 mg) als waagerechte Linie aufzeichnen, so würde man anfangs eine sehr winkelige Kurve bei Verbindung der mg-Zahlen der einzelnen Schläge erhalten, die sich dann jedoch im Laufe der Jahre aber immer mehr der Geraden, der Grenzwertlinie, nähert.

Die Nährstoffzahlen eines lange unter Kontrolle stehenden Betriebes sind besonders lehrreich, wenn man sie denen eines Betriebes gegenüberstellt, der erst mit der Kontrolle beginnt.

Altes Mitglied

P_2O_5	5,5	6,7	4,6	5,8	4,7	4,0	5,0	5,0	3,9	3,8
K_2O	21,5	32,7	18,5	25,0	18,5	18,5	23,8	18,8	19,2	19,0
pH	6,5	6,7	6,7	6,7	6,0	6,6	6,5	6,2	5,5	6,5

Neues Mitglied

P_2O_5	2,4	2,6	2,0	2,3	2,8	2,6	1,5	4,2
K_2O	7,5	18,0	15,5	20,0	18,2	15,5	7,2	7,2
pH	4,7	7,0	6,2	7,1	5,0	5,0	5,0	6,0

Die Gegenüberstellung zeigt deutlich, in welchem Vorteil sich der alte Betrieb gegenüber dem neuen Betrieb befindet. Seine Zahlen liegen nicht nur im Durchschnitt höher, sondern sind vor allem auch bedeutend ausgeglichener. Der Düngeraufwand im alten Betrieb kann deshalb bedeutend niedriger liegen als im neuen Betrieb, ohne daß er mit geringeren Ernten zu rechnen braucht. Der neue Betrieb muß jedoch vor allem stark mit Phosphorsäure düngen, auf 3 Schlägen außerdem stark mit Kali und schließlich auf 4 Schlägen zu einer Kalkung schreiten. Die Unterlassung der Düngung auf den erwähnten Schlägen würde Sparsamkeit am falschen Platz und das Gegenteil einer Produktionsverbilligung bedeuten. Auf Grund der Untersuchung ist er jedoch jetzt in der Lage, einer mangelhaften Ernte vorzubeugen. Damit sind die gröbsten Schäden zunächst abgewehrt. Bis er den Stand des alten Betriebes erreicht hat, werden aber noch einige Jahre vergehen, da eine Anreicherung nur allmählich möglich ist. Laufende Kontrollen werden ihm anzeigen, wann er mit den geringst möglichen Mitteln dieses Ziel erreicht hat.

Selbstverständlich gibt es auch Betriebe, die ohne vorherige Untersuchung dieses Ziel erreicht, ja sogar überschritten haben. Bei beginnender Kontrolle haben diese naturgemäß ganz besondere Vorteile, da sie ohne Gefahr für eine Ernteminderung die Düngung je nach Vorrat für ein oder mehrere Jahre unterlassen können.

Damit kommen wir zur Frage der Rentabilität der Bodenuntersuchungen. Für denjenigen Bauern, der jahrelang seine Böden hat untersuchen lassen, besteht über die Rentabilität der Bodenuntersuchung kein Zweifel. Die Bodenuntersuchung ist für ihn zu einer ständigen Wirtschaftsmaßnahme geworden, da die Ausgaben dafür mit hoher Verzinsung in kurzer Zeit wieder hereinkommen. Ein Betrieb wie der zuletzt genannte, der in früheren Jahren Vorratsdüngung getrieben hat, kann für einige Jahre sehr erhebliche Ersparnisse an seinem Düngerkonto machen, denen gegenüber die Untersuchungskosten kaum ins Gewicht fallen. So liegen Betriebe vor, die ihren Düngeraufwand von 46,— RM./ha auf 24,— RM./ha herabsetzen konnten, ohne daß die Ernten geringer wurden. Im Gegenteil, sie sind sogar durch die richtig eingesetzten Düngungen, verbunden mit anderen Maßnahmen, die aus der Versuchsringberatung hervorgehen, wie Saatbehandlung, richtige Sortenwahl usw., sicherer geworden und gestiegen. Selbstverständlich wird die Zeit und die Grenze kommen, bei der eine weitere Herabsetzung nicht ungestraft vorgenommen werden kann. Was dem Boden an Nährstoffen entzogen und durch den Wirtschaftsdünger nicht wieder zugeführt wird, muß als Kunstdünger zugekauft werden. Dieser Zukauf wird bei Einführung einer allgemeinen systematischen Bodenkontrolle sehr gleichmäßig werden. Er wird etwa die Menge ausmachen, die dem deutschen Boden unwiederbringlich jährlich verlorengeht.

Der augenblickliche Düngeraufwand eines unserer Versuchsringbetriebe beträgt etwa 25,— RM./ha, d. s. für einen mittleren Betrieb von 40 ha 1000,— RM. Ein solcher Aufwand kann heute voll verantwortet werden. Läßt dieser Betrieb nun jährlich 3 Proben untersuchen und bezahlt er hierfür etwa 20,— RM., so hat er mit einer Mehrausgabe von nur 2% seiner Düngerkosten, d. h. statt 25,— RM./ha wendet er 25,60 RM./ha auf, sich die Sicherheit seiner Düngeranwendung im weitesten Maße erworben. Gleichzeitig steigert er durch die Kontrolle mit der Zeit die Leistungsfähigkeit aller Schläge, d. h. die Wirtschaftlichkeit des gesamten Betriebes.

Es muß immer wieder betont werden, daß der Sinn der Bodenuntersuchung nicht darin liegt, gelegentlich einen Schlag untersuchen zu lassen, der in seiner Ertragsfähigkeit bereits sehr stark nachläßt, sondern allein in der regelmäßigen Kontrolle sämtlicher Schläge. Erst in diesem Fall kann das zur Verfügung stehende Düngekapital so geleitet werden,

daß es zur größten Wirksamkeit kommt. Nur so kann die Forderung erfüllt werden, nicht nur mehr, sondern auch billiger zu erzeugen. Häufig wird in Krisen- und geldknappen Zeiten vom Bauern der Einwand aufgeworfen, daß die Untersuchungen keinen Zweck hätten, wenn man doch keinen Kunstdünger mehr kaufen könne. Dazu ist zu sagen, daß, je weniger Kunstdünger angewandt wird, um so mehr es erforderlich ist, zu wissen, wo dieses Wenige sich am besten verzinst, und um so mehr wird man in diesem Fall versuchen müssen, die Leistungsfähigkeit des Bodens durch andere Maßnahmen, wie auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung, der Fruchtfolge, der Gründüngung, des Leguminosenanbaues, der besseren Stallmist- und Jauchegewinnung und -verwertung zu steigern. Wie will man jedoch diese Steigerung schnell und mit größtem Erfolg durchführen, wenn man sich über die Auswirkung dieser einzelnen Maßnahmen durch die Kontrolle kein Bild machen kann? Deshalb muß festgestellt werden: Nicht nur solange ein Boden gedüngt wird, sondern solange er bebaut wird, ist seine Kontrolle notwendig.

Die Rentabilität einer einzelnen Bodenuntersuchung, allein bezogen auf den Wert einer Phosphorsäure-Kali-Düngung, ist auf Grund von Versuchen und Berechnungen gegeben, wenn die Untersuchung weniger als 10,— RM./ha kostet. Die heutigen Preise, die sich auf 6—7 RM. für die reine *Neubauer*-Analyse belaufen, sind also auch bei kleineren Flächen noch vorteilhaft, besonders wenn man berücksichtigt, daß die Untersuchung für 2—3 Jahre benutzt werden kann. Nicht berücksichtigt sind ferner die indirekten Vorteile der Untersuchungen, wie sichere Verwertung des Stickstoffs, Abkehr von eigenen oft teuren Düngungsexperimenten, Qualitätsverbesserung, wirksame Unterstützung in der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten.

Um noch einmal zusammenzufassen, hat das landwirtschaftliche Betriebslaboratorium folgende Hauptaufgaben zu erfüllen:

1. Kontrolle des Nährstoffgehalts und Kalkzustandes sämtlicher Schläge, um jährlich die Aufstellung eines rationellen Düngungsplanes zu ermöglichen. Nach genauer Durchanalysierung aller Schläge genügt eine Wiederholung der Untersuchung in 2—3 Jahren.

Folge dieser Kontrolle:

a) restlose Beseitigung der nährstoffarmen Böden,

b) Raubbau auf stark nährstoffreichen Böden,

c) Erhaltung und Vermehrung der Böden mit gesundem Nährstoffverhältnis.

d) Schaffung und Erhaltung eines geordneten Kalkzustandes der Böden.

2. Erhöhung der Erträge bei gleichbleibenden allgemeinen Unkosten, also Verbilligung der Erzeugung; ferner Sicherung der Ernteerträge und Verbesserung der Qualität.

3. Sachgemäße Auswertung der Untersuchungsverfahren. Ständige Kontrolle im Feldversuch. Aufstellung der für das Arbeitsgebiet gültigen Grenzwerte.

4. Erhöhung der Wirkungsmöglichkeit der Feldversuchstätigkeit, insbesondere auf dem Gebiet der Düngungsversuche. Individuelle Behandlung der zu lösenden Probleme für jeden Boden.

5. Schnelle Verbreitung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, soweit sie auf Grund der praktischen Prüfungen für die Landwirtschaft von Nutzen sind. —

Die geschilderten Aufgaben einschließlich der Nebenaufgaben, vor allem der Eiweißkontrolle der wirtschaftseigenen Futtermittel, sind für die Selbstversorgung unseres Volkes auf eigenem Grund und Boden von so überragender Bedeutung, daß von den zuständigen Stellen — je eher, desto besser — Mittel und Wege gefunden werden müssen, sie zu verwirklichen.

Es kann kein Zweifel sein, daß die landwirtschaftliche Chemie außer der rein wissenschaftlichen Forschung die neue zeitgemäße und unbedingt notwendige Aufgabe, ihre Wissenschaft als „angewandte Chemie" lebendig dem deutschen Bauern zu vermitteln, erfolgreich lösen wird.

Die Sicherung der Ertragsfähigkeit unserer Böden.

Von Dr. W. U. BEHRENS, Berlin.

Sie alle kennen die Bestrebungen der Reichsregierung, Deutschland von der Einfuhr ausländischer Lebensmittel nach Möglichkeit unabhängig zu machen und das deutsche Volk von den Erträgen der eigenen Scholle zu ernähren. Mit Stolz können wir feststellen, daß wir uns diesem Ziel in den letzten Jahren wesentlich genähert haben, wir können den Bedarf an den wichtigsten Lebensmitteln im Inland decken, nur bei einigen Lebensmitteln, vor allem Fett, sind wir auf die Einfuhr angewiesen. Wir haben in den letzten Jahrzehnten eine gewaltige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion zu verzeichnen. Wir ernteten im Durchschnitt der Jahre 1878—1882 nur 9,9 dz Roggen vom Hektar, im Durchschnitt der Jahre 1908—1912 = 17,8 dz, also 80 % mehr. Die Ernte an Hafer stieg von 11,6 dz auf 19,09 dz, d. i. um 67 %. Die Kartoffelernte stieg von 76,4 dz auf 131,6 dz, also um 72 %. In den letzten Jahrzehnten sind zwar nach der Statistik die Hektarerträge an diesen Früchten nicht mehr wesentlich gestiegen, dafür hat sich aber unsere Versorgung mit einheimischen tierischen Produkten dank der Erfolge unserer Züchter und dank einer rationelleren Fütterung wesentlich verbessert. Der Fleischverbrauch, der vor 100 Jahren nur 14 kg pro Kopf betragen hatte, betrug im Jahre 1932 49 kg und konnte im wesentlichen im Inland gedeckt werden.

Wie war es nun möglich, die Produktion an landwirtschaftlichen Erzeugnissen soweit zu steigern, daß wir nicht nur die in den letzten Jahrzehnten stark angewachsene Bevölkerung von den Erträgen des deutschen Bodens ernähren können, sondern zum Teil schon mehr erzeugen, als der Inlandmarkt aufnehmen kann?

Wir verdanken diesen Erfolg zum großen Teil dem Umstand, daß wir in der Landwirtschaft von dem Wirtschaften nach überlieferten Rezepten immer mehr abgekommen sind und neue Wirtschaftsweisen entwickelt haben, die es ermöglichen, daß dort zwei Ähren reifen, wo früher nur eine reifte. Einen wesentlichen Anteil hat hieran die Entwicklung und Anwendung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse. Es wäre vielleicht auch möglich gewesen auf dem Wege reiner Empirie den heutigen Stand der Wirtschaft zu erreichen, aber dieser Weg, den sicher unsere Vorfahren einmal gegangen sind, als sie anfingen Landbau

zu treiben, wäre sehr mühsam gewesen, und es hätte Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende gedauert, bis die nötigen Erfahrungen gesammelt worden wären. Dadurch aber, daß wir die Erkenntnisse, die wir auf verschiedenen Gebieten menschlicher Technik gesammelt hatten, in systematischer Weise ordneten und daraus eine Wissenschaft schufen, konnten wir mit Hilfe dieser Wissenschaft praktische Fragen, die später an uns herantraten, sehr viel schneller beantworten. Ohne Chemie und Botanik würden wir heute kaum mehr ernten als unsere Vorfahren vor 100 Jahren. Die reinen Naturwissenschaften, die sich ihre Probleme nur nach erkenntnistheoretischen Grundsätzen stellen, hätten hierzu noch nicht genügt, an ihre Seite mußten die angewandten Wissenschaften treten, angewandte Wissenschaften insofern, als die Problemstellung hier lautete: Wie können durch Anwendung wissenschaftliche Erkenntnisse die Produktionsmethoden der praktischen Landwirtschaft verbessert werden?

Es ist bekannt, wie wesentlich die künstliche Düngung dazu beigetragen hat, die Erträge des Landbaus zu steigern oder wenigstens ein Zurückgehen der Erträge aufzuhalten. Wir kennen heute genau die chemischen Elemente, die die Pflanze zum Aufbau ihrer Organe braucht, und es ist klar, daß die Pflanze nur dann ein freudiges Wachstum zeigen wird, wenn ihre Speisekammer, der Boden, nicht leer wird. Aber außer der festen, flüssigen und gasförmigen Nahrung braucht die Pflanze noch etwas weiteres. Ebenso wie der Mensch nach Wohnräumen verlangt, die seiner Eigenart angepaßt sind und in denen er sich wohl fühlt, beansprucht auch die Pflanze einen geeigneten Standraum. Sie verlangt, wenn ich im Bild bleiben darf, daß der Boden, auf dem sie wächst, gesund ist. Es besteht die Gefahr, daß durch die neuen Methoden des Ackerbaus, die wir erst seit einigen Jahrzehnten besitzen, der Boden krank wird und daß dadurch die Erträge zurückgehen.

Der Agrikulturchemiker hat es sich zur Aufgabe gemacht, darüber zu wachen, daß der Boden gesund wird und damit die Existenzgrundlage des deutschen Volkes gesichert bleibt.

Auf dem Versuchsfelde des Instituts für Agrikulturchemie und Bakteriologie in Dahlem haben wir seit einigen Jahren Versuche in der Richtung laufen, daß wir Parzellen bewußt einseitig düngen. Versuchsreihe 1 erhält Stickstoff und Phosphorsäure seit 1923 in saurer Form als schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat, Versuchsreihe 2 in neutraler Form als Harnstoff und Dicalciumphosphat, Versuchsreihe 3 in basischer Form

als Natronsalpeter und Thomasmehl. Ferner wurde noch Kalium als Chlorkalium und schwefelsaures Kalium gegeben, eine Kalkung wurde nicht vorgenommen. Versuchspflanze war abwechselnd eine Halmfrucht (Pfauengerste) oder eine Hackfrucht (Kartoffeln und Rüben). Betrachten wir zunächst die Kartoffelerträge. Im Jahre 1931 wurden erzielt auf den neutral gedüngten Parzellen 219 dz/ha, 179 dz auf den sauer gedüngten Parzellen, dagegen nur $^1/_3$ dieser Ernte auf dem basisch gedüngten Felde.

Die 9 Jahre fortgesetzte basische Düngung hat danach bei Kartoffeln einen beträchtlichen Ertragrückgang zur Folge gehabt, während die saure Düngung den Kartoffeln nicht geschadet hat.

Betrachten wir nun die Rübenerträge. 1925 waren die Unterschiede naturgemäß noch nicht groß. 1929 erzielten wir auf den basisch gedüngten Parzellen den höchsten Ertrag (535 dz), nicht viel weniger lieferten die neutral gedüngten Parzellen (497 dz), dagegen brachten die sauer gedüngten Parzellen nur 60% der Ernte der neutral gedüngten Parzellen. 7 Jahre nach Versuchsbeginn hat somit die saure Form der Düngung einen erheblichen Ertragsausfall zur Folge gehabt. Noch stärker war die Schädigung der Pflanzen durch die saure Düngung im Jahre 1933. Während auf den basisch gedüngten Parzellen 476 dz geerntet wurden und die neutral gedüngten Parzellen 304 dz ergaben, wurde auf den sauer gedüngten Parzellen eine Ernte von nur 92 dz erzielt, also weniger als $^1/_5$ der Ernte der basisch gedüngten Parzellen. Kartoffeln und Rüben verhielten sich also entgegengesetzt, Kartoffeln vertrugen saure Düngung, bei der die Rüben schweren Schaden litten, und umgekehrt wurde die basische Düngung von den Rüben bevorzugt.

Die Gerste verhielt sich ähnlich der Rübe. Die höchsten Erträge wurden bei basischer Düngung erzielt, fast ebenso hohe Erträge bei neutraler Düngung und ein erheblicher Ertragsausfall war bei saurer Düngung zu verzeichnen. Die Ernte der sauer gedüngten Parzellen betrug 1930 nur 66%, 1932 nur 38% der Ernte der neutral gedüngten Parzellen.

Ist der Boden somit einige Zeit einseitig gedüngt worden, so ermöglicht er kein normales Wachstum mehr; entweder versagen die säureliebenden oder die alkaliliebenden Pflanzen. Wie erkennt nun der Agrikulturchemiker, daß der Boden nicht mehr gesund ist? Wie der Arzt das Fieberthermometer benutzt, den Pulsschlag mißt und die Tätigkeit der Lunge belauscht, so hat auch der Agrikulturchemiker eine Anzahl Hilfsmittel: p_H-Zahl, Austauschazidität, hydrolytische Azidität. Die Kartoffeln wuchsen

auf unserem Versuchsfeld am besten bei p_H-Werten von 5,5—7,5, Rüben bei 6,5—8,5, Gerste bei 7—8,5. Die jahrelang fortgesetzte einseitige Düngung hatte nun den Säurezustand des Bodens wesentlich verändert, im Oktober 1933 hatten die sauer gedüngten Parzellen den p_H-Wert 4,7, die neutral gedüngten 6,3 und die basisch gedüngten 7,6, d. i. ein Unterschied von 3 p_H-Einheiten.

Außer diesem Versuchsfelde, das wir nun durch Anwendung physiologisch saurer und alkalischer Düngemittel sauer und alkalisch gemacht haben, stand uns noch ein von Natur aus saures Feld zur Verfügung, das wir außerdem noch sauer düngten. Hier bauten wir eine Reihe von Kulturpflanzen an und untersuchten den Einfluß des Säurezustandes auf ihr Wachstum. Wie ja schon andere Forscher festgestellt haben, erwiesen sich die verschiedenen Kulturpflanzen in verschieden hohem Maße gegen die saure Bodenreaktion empfindlich. Am empfindlichsten gegen die Bodensäure waren Rüben und Luzerne. Bei p_H 5,5 gingen diese Pflanzen vollständig ein. Als säureempfindlich erwiesen sich ferner Pferdezahnmais, Weizen, Senf, Gerste. Nicht ganz so empfindlich waren Hafer und Wicklinsen. Unterschritt die p_H-Zahl den Wert 4,8, so gingen die genannten Pflanzen entweder ganz ein oder gaben Mißernten. Folgende 3 Pflanzen erwiesen sich als säurefest: Serradella, Roggen und Lupinen. Bei $p_H = 4,8$ und teilweise darunter waren kaum Schädigungen festzustellen.

Glücklicherweise stehen wir der Bodenversauerung nicht machtlos gegenüber, wir besitzen im Kalk ein wirksames Mittel, die Schäden der sauren Reaktion abzuwenden. Einige Streifen unseres Aciditätsfeldes wurden mit 10 dz Kalk (CaO) gekalkt und alle Pflanzen bis auf Luzerne, die höhere Kalkansprüche stellten, wuchsen normal. Interessant war die Beobachtung, daß die p_H-Werte sich durch die Kalkungen nur wenig änderten und daß die Pflanzen auf den gekalkten Streifen Säuregrade vertrugen, die auf die ungekalkten Streifen äußerst schädlich wirkten. Zum Beispiel waren die Rüben auf den gekalkten Streifen bei $p_H = 5,2$ nur wenig geschädigt, während sie auf den ungekalkten Streifen bei wesentlich geringerer Acidität ($p_H = 5,7$) vollständig eingingen. Die nächstliegende Erklärung dürfte die sein, daß das Calcium in bezug auf die Wasserstoffionen antagonistisch wirkt, also weniger die Wasserstoffionen beseitigt, als vielmehr ihre Schädlichkeit herabsetzt. Aus Versuchen mit Nährsalzlösungen ist ja die antagonistische Wirkung des Calciums zur Genüge bekannt.

Außer von einem günstigen Reaktionszustand hängt die Ertragsfähigkeit unserer Böden, besonders der leichten Böden,

von einer genügenden Versorgung mit Humus ab. Auch dies ist ja nichts Neues. Die Agrikulturchemiker und Bodenkundler haben schon seit Dezennien dem Humusproblem ihre besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und der große Bodenkundler *Ramann* bezeichnete Wasser und Humus als die Großfaktoren der Bodenfruchtbarkeit. In Dahlem kam es uns vor allem darauf an, zu untersuchen, wieweit die künstliche Düngung den Kohlenstoffwechsel beeinflußt. Bei der künstlichen Düngung sind zwei Gefahrenmomente zu beachten.

Die eine Gefahr würde darin bestehen, daß etwa die künstliche Düngung das Bakterienleben zu stark anregt. Da der Humus die wichtigste Energiequelle für die Bodenorganismen darstellt, würde bei einer zu starken Bakterientätigkeit zu viel Humus verbraucht und der Humusvorrat des Bodens mit der Zeit erschöpft werden. Das andere Gefahrenmoment würde darin bestehen, daß die künstliche Düngung das Mikrobenleben schädigt. Der Boden würde dann untätig werden, das im Boden festgelegte Nährstoffkapital würde nicht schnell genug flüssig gemacht werden, wenn die Kulturpflanzen Bedarf an Pflanzennährstoffen haben. Die Beeinflussung der Bakterientätigkeit durch die künstliche Düngung unter natürlichen Verhältnissen ist bisher noch wenig studiert worden.

Auf unserem Versuchsfelde hatten bestimmte Parzellen seit 4 Jahren Volldüngungen, andere Volldüngungen ohne Kali, andere Parzellen Volldüngung ohne Phosphorsäure erhalten. Die Kalimangelparzellen gaben geringere Erträge. Die mikrobiologische Tätigkeit im Boden wurde nach verschiedenen Methoden gemessen. Einmal wurde die Kohlensäuremenge bestimmt, die die Bodenmikroben im Laboratorium bei langsamem Durchleiten von Luft abgeben. Eine eindeutige Wirkung der Kali- und Phosphorsäuredüngung auf die Kohlensäureabgabe des Bodens konnte nicht nachgewiesen werden. Auch die Geschwindigkeit, mit der Cellulose zersetzt wurde, hing kaum von der Düngung ab, sie stand dagegen im Zusammenhang mit der Bodenreaktion. Schließlich wurde auch die Geschwindigkeit der Stickstoffbindung gemessen. Da aber von den Böden der meisten Parzellen kaum Stickstoff gebunden wurde, konnte auch kein Einfluß der Düngung festgestellt werden. Die feldmäßige Kali- und Phosphorsäure-Düngung hatte bei unseren Versuchen keinen nachweisbaren Einfluß auf das Leben der Mikroorganismen.

Nur vom Stickstoff wissen wir, daß seine Zufuhr eine Steigerung der Tätigkeit der Mikroben zur Folge hat, und daß damit

die Gefahr einer Verringerung des Humusgehaltes besteht. Ein Ausgleich wird vielfach dadurch eintreten, daß durch Stickstoffdüngung die Ernten steigen, hierdurch kann ein größerer Viehbestand gehalten werden, und es fällt dann mehr Stalldünger an, der auf den Acker gebracht wird und die Menge der organischen Substanz vermehrt. Auch die Ernterückstände, die auf dem Felde verbleiben, werden höher sein. Wo dieser Ausgleich nicht vorhanden ist, ist auf Ergänzung des Humusvorrates z. B. durch Gründüngung zu achten.

Ein weiteres Kennzeichen für einen gesunden Boden ist eine günstige Struktur. Der Boden darf für Wasser und Luft weder zu stark durchlässig, noch zu wenig durchlässig sein. Im ersten Falle geht die Bodenfeuchtigkeit dem Felde durch Verdunstung oder Absinken in tiefere Schichten zu schnell verloren, und der Boden verarmt ferner an leicht löslichen Nährstoffen; im zweiten Falle, wenn der Boden zu wenig durchlässig ist, ist mit dem Eintreten von Sauerstoffmangel, Versauerung des Bodens und Hemmung der Mikrobentätigkeit zu rechnen. Wir haben nun im Laboratorium die Durchlässigkeit der Böden für Wasser untersucht und speziell den Einfluß der Düngung studiert. Bei der Düngung von Natriumnitrat wird vorwiegend die Salpetersäure von den Pflanzen aufgenommen, während das Natron im Boden zurückbleibt und sich mitunter zu Natriumcarbonat umsetzt. Es ist bekannt, daß Natronsalze die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser herabsetzen. Auf unserem Versuchsfelde konnten wir beobachten, daß eine vier Jahre fortgesetzte Düngung mit Natronsalpeter bereits nachzuweisen war. Die Durchlässigkeit war 20—40% niedriger als bei Verwendung anderer Stickstoffdüngemittel wie Leunasalpeter, Kalkammonsalpeter, Kalkstickstoff, Ammonsulfat. Auch in Bodenproben, die vom Institut für Boden- und Pflanzenbaulehre Bonn stammten, konnten wir die Parzellen, die ihren Stickstoff seit Jahren als Natronsalpeter erhalten hatten, an der verringerten Durchlässigkeit erkennen. Eine ähnliche Wirkung wie Natronsalpeter übt Kainit infolge seines Gehaltes an Natriumchlorid aus, was wir ebenfalls gut nachweisen konnten.

Eine Lockerung des Bodens und damit eine günstige Beeinflussung schwerer Böden kann durch Stallmist herbeigeführt werden. Wir untersuchten daraufhin Bodenproben von einem statischen Versuch der Versuchsanstalt für Pflanzenbau in Lauchstädt. Die eine Hälfte des Feldes hatte seit 1902 jährlich 200 dz Stallmist bekommen, die andere Hälfte war ohne Stallmistzufuhr

geblieben. Die Durchlässigkeit des mit Stallmist gedüngten Teiles war bei der Untersuchung im Laboratorium etwa viermal so groß wie die Durchlässigkeit des nur mineralisch gedüngten Teiles. Auf dem gleichen Felde hatte die Zufuhr von Kalk eine beträchtliche Herabsetzung der Durchlässigkeit zur Folge, eine Beobachtung, die man auch sonst schon bei sauren Böden gemacht hat. Wir sehen, daß die Düngemittel nicht nur direkt durch Zufuhr mineralischer Nährstoffe das Wachstum der Pflanzen beeinflussen, sondern daß dabei auch die Einwirkung der Düngemittel auf die Bodenbeschaffenheit zu beachten ist, die dann wieder indirekt Einfluß auf die Vegetation hat.

In der landwirtschaftlichen Praxis wird die Wirkung des Stallmistes aus mancherlei Gründen ganz besonders geschätzt, und es ist bekannt, daß in manchen Fällen die Wirkung des Stalldüngers durch Mineraldüngung nicht erreicht werden kann. Es ist nun vermutet worden, daß es vielleicht der Gehalt des tierischen Harnes an Hormonen sei, auf den die günstige Wirkung zurückzuführen ist. Ein solcher Wuchsstoff ist z. B. das Auxin, das im Harn vorkommt und von dem feststeht, daß es das Wachstum beeinflußt. Ferner könnte an Progynon gedacht werden, das weibliche Sexualhormon, das sich vor allem im Harn trächtiger Tiere findet und nach *Schöller* und *Goebel* auch Wirkungen auf die Pflanzen ausübt. Unsere Versuche in dieser Richtung sind noch nicht abgeschlossen. Wir konnten aber nicht finden, daß Harne verschiedener Tiere, darunter auch trächtiger, besser wirkten als synthetischer Harnstoff auf gleichen Stickstoffgehalt bezogen. Im Gegenteil wirkten natürliche Harne schlechter, vielleicht weil sie auch schwerer zersetzliche Stickstoffverbindungen enthalten. Eine günstige Wirkung von technischem Progynon auf Erbsen in Wasserkulturen, wie sie *Scharrer* und *Schropp* beobachtet haben, konnten wir bestätigen. Ob einer von diesen Wuchsstoffen für die Landwirtschaft Bedeutung erlangen kann, läßt sich heute, wo wir auf diesem Gebiet erst in den Anfängen stecken, noch nicht übersehen, die Gärtnerei hat angefangen, sich hierfür zu interessieren. Die Beschleunigung der Blüte um einige Wochen, die sich bei gewissen gärtnerischen Pflanzen erzielen lassen soll, kann für den Absatz lebender gärtnerischer Pflanzen gar nicht überschätzt werden.

Ich will hier keinen Zukunftsträumen nachgehen, ich will nur sagen, in unseres Volkes Hände ist es gegeben, und von unserem Können und Wollen hängt es ab, wie wir den Boden, der neben dem Blut für das Bestehen unserer Nation unentbehrlich ist, meistern.

Die physiologische Bedeutung der mineralischen Bodenazidität.

Worauf beruht die toxische Wirkung des Aluminiums.

Von Prof. Dr. M. TRÉNEL und Dr. F. ALTEN.

Vorgetragen von Prof. Dr. M. Trénel.

In der 2. Mitteilung über das Thema haben *Trénel* und *Pfeil*[1]) gezeigt, daß von den Zerfallprodukten des sauren Mineralbodens nur die Tonerde das Wachstum von Hafer schädigte, die bei mineralischer Düngung als „ausgetauschtes" Aluminium löslich wird. Die primären Zerfallprodukte selbst, insbesondere Tonerdehydratgel, wirkten in Gefäßversuchen mit Sand infolge ihrer Sorptionsflächen günstig besonders auf den Kornertrag von Hafer ein. Die Versuche ergaben ferner, daß zwar zweifellos die durch Düngung zugeführte Phosphorsäure sowohl durch Aluminium-Ion als auch durch Tonerdehydrat festgelegt ist. Die P_2O_5-Aufnahme wurde jedoch nicht so weit herabgesetzt, um die Wachstumsschädigung auf physiologischen P-Mangel zurückführen zu können. Im Stroh der kranken Haferpflanzen wurde Aluminium nach der Methode von *F. Alten*, *H. Weiland* † und *E. Knippenberg*[2]) nur in Spuren nachgewiesen.

Das Verdienst, KCl-lösliches Aluminium im sauren Boden nachgewiesen zu haben, wird gewöhnlich *Daikuhara*[3]) zugeschrieben; tatsächlich geht diese Erkenntnis auf *van Bemmelen*[4]) zurück, der die Erscheinung schon 1878 experimentell behandelt hat. In physiologischer Hinsicht hat sich *Rothert*[5]) als erster mit dem Aluminium beschäftigt. Die biogene Bedeutung des Aluminiums wird durch *Stoklasa*[6]) betont; in der

---

[1]) *Trénel* u. *Pfeil*, Über den Einfluß der Zerfallsprodukte des sauren Bodens auf Hafer, Z. Pflanzenernährg. Düng. Bodenkunde, Abt. A 33, 1 [1934].

[2]) *F. Alten*, *H. Weiland* † u. *E. Knippenberg*, Z. analyt. Chem. **96**, 92/98 [1934].

[3]) *Daikuhara*, Bull. Imp. Centr. Agric. Exp. Stat. Tokio 1914, Band II.

[4]) *Van Bemmelen*, Landwirtsch. Versuchsstat. **21**, 162 [1878].

[5]) *W. Rothert*, Das Verhalten der Pflanzen gegenüber Aluminium, Bot. Z. **64**, 47 [1906].

[6]) *J. Stoklasa*, Die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen, G. Fischer, Jena.

Zelle angereichertes Aluminium soll jedoch durch Plasmolyse schädlich wirken. Manganschäden sollen nach *Stoklasa* durch Aluminiumgaben gemildert werden. Nach *M. Fluri*[7]) treten bei Wasserpflanzen durch Al-Konzentrationen von 0,005 bis 0,01% Assimilationsstörungen ein, die von *E. Kratzmann*[8]) bestätigt werden. Auch Tonerdehydrat soll nach Versuchen von *Kratzmann* bei Mais und Lein wachstumshemmend wirken. *Szücs*[9]) erklärt die giftige Wirkung des Aluminiums durch Hemmung der Nährstoffaufnahme infolge Erstarrung des Plasmas. *Immendorf* u. *Bohlmann*[10]) schreiben die Giftwirkung des Al-Salzes lediglich seiner sauren Reaktion zu. *I. F. Dastur*[11]) hat gezeigt, daß mit Fusarium befallene Baumwolle mehr Aluminium enthielt als die gesunde. *Trénel*[12]) hat in an Polyporus annosus erkrankten Kiefern auf aluminiumsauren Böden eine Anreicherung von Aluminium in der Wurzel festgestellt. *Burges* und *Pemberg*[13]) geben an, die Giftwirkung von Aluminium z. B. bei Gerste durch starke P_2O_5-Gaben aufheben zu können. Nach ihnen wird die assimilierte Phosphorsäure durch das aus dem sauren Boden aufgenommene Aluminium physiologisch festgelegt.

Die Deutungen der Aluminium-Wirkungen sind also außerordentlich verschieden. Wir stellten uns deshalb die Aufgabe, folgende Fragen zu beantworten:

1. Ist die Wirkung der Al-Ionen spezifisch oder ist sie nur eine Folge der notwendig mit ihnen verknüpften Wasserstoff-Ionen?

2. Welche Organe der Pflanze werden zuerst geschädigt?

3. Beruht die giftige Wirkung auf Ausfällung der Phosphorsäure durch in die Zelle eingewandertes Aluminium?

---

7) *M. Fluri*, Z. Flora **99**, 81 [1909].

8) *E. Kratzmann*, Zur physiologischen Wirkung der Aluminiumsalze auf die Pflanzen, S.-B. Akad. Wiss. Wien 1914.

9) *J. Szücs*, Über einige charakteristische Wirkungen des Aluminium-Ions auf das Protoplasma, Jb. wiss. Bot. **52**, 269 [1913].

10) *Bohlmann*, Dissertation Jena 1926.

11) *J. F. Dastur*, Agric. J. India **29**, 251 [1924].

12) *M. Trénel*, Beitrag über das Kiefernsterben in Nordwestdeutschland, Forst-Arch. **64**, 285 [1931].

13) *Burgess* u. *Pember*, Active Aluminium as a Factor detrimental to crop production in many acid soils, Rhode Island Agric. Stat. Bull. **1923**, 194.

4. Wird die Aufnahme der Nährstoffe durch Erstarrung des Plasmas gehemmt?

5. Von welcher Konzentration an tritt die Schädigung ein?

6. Können Ca-Ionen den Einfluß von $Al^{\cdot\cdot\cdot}$, wie es *Prianischnikow*[14]) in bezug auf Wasserstoff-Ionen behauptet, kompensieren?

7. Wie wirkt Tonerdehydrat in Wasserkulturen?

8. Ist Aluminium ein biogenes Element im Sinne von *Stoklasa*?

Methodik.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden folgende Versuchsreihen mit Mais als Wasserkulturen im Warmhaus der Landwirtschaftlichen Versuchsstation des Deutschen Kalisyndikats Berlin-Lichterfelde angesetzt:

I. Isotonische Reihe. Steigende Mengen Al, als $Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$ gegeben, entsprechend fallende Gaben Ca in Form von Gips, so daß die Summe beider 10 mval ausmacht. Das Aluminium wurde in folgender Staffelung gegeben: 0,0; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 7,5 und 10,0 mval im Liter.

II. Calcium-Reihe. Die Gipsgaben wurden mit 10 mval konstant gehalten und das Aluminium folgendermaßen gestaffelt: 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 mval. Es wurde hier also nicht isotonisch gearbeitet.

III. Nachdem sich die Pflanzen 16 Tage normal entwickelt hatten, wurde das Aluminium nachträglich in folgender Staffelung gegeben: 1,0; 2,0; 5,0; 7,5; 10,0 mval. Die Ca-Gabe wurde mit 10 mval konstant gehalten.

IV. Um die Frage nach der spezifischen Wirkung des Al-Ions zu beantworten, wurden die Wurzeln von vorgezogenen jungen Maispflanzen geteilt und getrennt auf der einen Seite mit Stickstoff, Kali und Calcium und auf der anderen Seite mit Calcium und Phosphorsäure — in beiden Fällen im stark sauren Medium — ernährt.

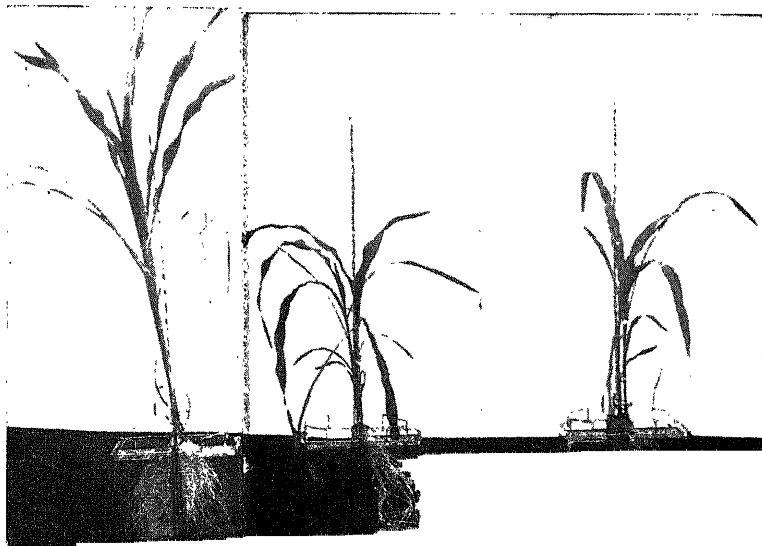
---

[14]) *Prianischnikow*, Über den Einfluß der p_H auf das Pflanzenwachstum, Verh. d. IV. Komm. d. Int. Ges. f. Bodenk.. Königsberg 1929.

Reihe II mit konstanten Ca-Gaben.



Gefäß	701	702	713	714	715	716
Gegeben						
mval Ca	10	9,99	10	10	10	10
mval Al···	0	0,01	1	2	5	10



Gefäß	801		806		807	
	l NK +	r P_2O_5	l NK +	r P_2O_5	l NK +	r P_2O_5
Gegeben						
mval Ca	10		5,0		0	
mval Al	0	—	5,0	—	10	—
p_H Anfang	3,4	4,0	3,4	4,0	3,4	4,0
p_H Ende	3,6	4,7	4,1	4,2	3,8	4,0

Reihe VI getrennte Ernährung: Al und Tonerde zu NK.



2	13		14		15		16	
P	NK +	P	NK	P	NK +	P	NK +	P
—	1,0	—	—	—	0,1	—	1,0	—
4,9	4,5	4,9	4,5	4,9	4,5	4,9	4,5	4,9
6,2	4,5	5,8	4,5	5,2	4,6	5,6	4,4	5,2
rde			mit Tonerde					

und Tonerde zu P.



20	21		22	
P	NPK		NPK	
2,0	—	2,0	—	2,0
$Al(OH)_3$	—	—	—	$Al(OH)_3$
4,3	4,3	4,2	4,3	4,3
4,2	6,0	4,2	6,5	4,2
	nicht getrennt			

Das Al-Salz wurde der N-K-Nährlösung zugesetzt unter Einhaltung der Isotonie, wie bei Reihe I beschrieben. Außerdem wurde ein Wurzelstrang normal ernährt, während der andere in eine Aluminiumsulfatlösung mit der höchsten hier gegebenen Al-Gabe eintauchte.

V. Um Material für die Bestimmung des aufgenommenen Aluminiums in verschiedenen Pflanzenteilen, Wurzel, Stengel, Blatt, zu erhalten, wurde Reihe I mit der Staffelung 0,0; 0,1; 0,5; 1,0 und 2,0 mval Al$^{\cdots}$ wiederholt. Außerdem wurde die Wirkung von Tonerdehydrat geprüft. Die Suspension enthielt im Liter etwa 5 g Al_2O_3 als $Al(OH)_3$ mit $Al_2(SO_4)_3$ verunreinigt. Die Aluminiumsalz-Staffelung blieb die gleiche.

VI. Diese Reihe ist im Prinzip die Wiederholung von Reihe IV mit folgender Differenzierung: Um die Frage nach dem Einfluß des Al-Ions auf die P-Ernährung der Pflanze zu klären, wurde auch den P-Lösungen Aluminiumsalz zugesetzt, und zwar beginnend mit der in Reihe IV ermittelten Konzentration, bei der die Schädigung gerade eintrat (0,1 mval Al$^{\cdots}$). Außerdem wurde die Wirkung des Tonerdehydrats sowohl in der N-K- als auch in der P-Lösung geprüft, so daß sich folgender Versuchsplan ergab:

Gefäß Nr.	Links N-K-Nährlösung	Rechts Ca-P-Nährlösung
11	—	—
12	+ 0,1 Al$^{\cdots}$	—
13	+ 1,0 Al$^{\cdots}$	—
	+ Tonerdehydrat	
14	—	—
15	+ 0,1 Al$^{\cdots}$	—
16	+ 1,0 Al$^{\cdots}$	—
17	ohne Al$^{\cdots}$	+ Tonerdehydrat
18	+ 2,0 Al$^{\cdots}$	+ Tonerdehydrat
19	ohne Al$^{\cdots}$	+ 2,0 Al$^{\cdots}$
20	ohne Al$^{\cdot\cdot}$	+ Tonerdehydrat + 2,0 Al$^{\cdots}$
21	NPK	+ 2,0 Al$^{\cdots}$
22	NPK	+ Tonerdehydrat + 2,0 Al$^{\cdots}$

Kali und Stickstoff wurden als KNO_3 in Gaben von je 6 mval, Phosphor als primäres Calciumphosphat in Höhe von 3 mval verabreicht. Die Nährlösung enthielt außerdem 2 mval Magnesium in Form von Magnesiumsulfat und 0,5 mval Eisen als Ferrisulfat. Das bereits mit der Phosphorsäure gegebene

Calcium ist bei den Gipsgaben in Rechnung gestellt. Die Gefäße der Reihen I, II und III haben also 1600 cm³ Nährlösung erhalten mit

134 mg N
453 mg K_2O
114 mg P_2O_5

und die der Reihe IV entsprechend 1200 cm³ mit

101 mg N
339 mg K_2O
85 mg P_2O_5

Die Reaktion der Nährlösungen war stets sauer. In jedem Gefäß wurden zwei Pflanzen gezogen und jeder Versuch in dreifacher Wiederholung angesetzt. Die Versuchsreihen I, II und IV wurden am 1. Juli 1933 begonnen und nach 35 Tagen am 4. August 1933 abgebrochen. Reihe III wurde am 15. Juli 1933 angesetzt, nach Zugabe des Aluminiums am 1. August 1933 erfolgte am 20. August 1933 die Ernte. Der Versuch mit den Reihen V und VI lief vom 1. Februar bis 5. April 1934. Zur Analyse der aufgenommenen Nährstoffe wurden aliquote Teile des fein gemahlenen Strohes naß verbrannt und P_2O_5, SO_4, K_2O, CaO und MgO auf übliche Art bestimmt. Die N-Bestimmung wurde nach der Mikromethode — *Alten-Hille*[15]) — vorgenommen. In den Reihen V und VI wurde lediglich P_2O_5 und Al in Wurzeln, Stengeln und Blättern bestimmt. In besonderer durch Veraschung gewonnener Probe wurde das aufgenommene Aluminium colorimetrisch mit Eriochromcyanin nach *Alten*, *Weiland* † und *Knippenberg*[2]) quantitativ nachgewiesen. Da die Methode sehr empfindlich ist, erlaubt sie den Nachweis bis herunter zu 6 γ; infolge dieser Empfindlichkeit mußten die Pflanzenproben sehr sorgfältig mit Benzin vom Staub gereinigt werden, damit kein anhaftender Staub die Anwesenheit von Al vortäuschte. Sämtliche Operationen wurden in Platin und Quarzgefäßen ausgeführt.

Die Analysen-Ergebnisse enthalten die Tabellen 1 bis 3, in Tabelle 4 sind diese Ergebnisse auf Prozente der Trockensubstanz umgerechnet in graphischer Darstellung zusammengefaßt. Die Tabellen 5 und 6 bringen die Bestimmung des aufgenommenen Aluminiums und der Phosphorsäure in den Wurzeln, Stengeln und Blättern. Tabelle 7 enthält den anatomischen Befund der im *Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Berlin* ausgeführten mikroskopischen Untersuchung, für die wir Herrn Prof. *K. Noack* auch an dieser Stelle verbindlich danken.

---

[15]) *F. Alten, B. Wandrowski* u. *E. Hille*, Angew. Chem. **48**, 273 [1935].

Wachstumsverlauf.

In allen Reihen zeigten sich die Pflanzen durch steigende Aluminiumgaben zunehmend im Wachstum geschädigt, ganz besonders in der Ausbildung der Wurzel. Der Vergleich der Abbildung 1 mit der Abbildung 2 ergibt, daß die isotonische Reihe sich nicht von der Reihe, in der das Calcium konstant gehalten wurde, unterscheidet. Es konnte gleichzeitig gezeigt werden, daß $Ca^{\cdot\cdot}$-Zusatz nicht die $Al^{\cdot\cdot\cdot}$-Schäden unterbindet. In beiden Reihen wurde die Schädigung zuerst in der Wurzelentwickelung bei einer Konzentration von 1 mval dem Auge wahrnehmbar, ohne daß die Sprossen irgendwelche Schädigungen erkennen ließen und ohne daß dieses in der Trockensubstanz der Wurzel gewichtsmäßig zum Ausdruck kam. Gaben kleiner als 9 mg Al im Liter bis herunter zu 0,09 erschienen in jeder Beziehung wirkungslos.

Wurde das Aluminium (Reihe III) nachträglich gegeben, so zeigten die Pflanzen 3 bis 4 Tage nach der Zugabe des Al die ersten Anzeichen einer Schädigung. Die Schädigung in Wachstum und Ertrag war erheblich geringer und trat auch erst bei höheren Aluminiumgaben in Erscheinung. An der Wurzel dagegen trat sie für das Auge wahrnehmbar bei 2 mval und gewichtsmäßig in der Ernte erst bei 5 mval auf.

In der Reihe IV bei getrennter Ernährung wurden nahezu die gleichen Mengen Trockensubstanz geerntet wie bei den zu gleicher Zeit gezogenen und normal ernährten Pflanzen der Reihe I und II. Die Schädigung trat hier bereits bei einer Konzentration von 0,5 mval im Liter in Erscheinung, wiederum in der Wurzel stärker als in den Sprossen, wie die Abbildung 3 zeigt. Bei der Konzentration von 1 mval wirkte sich die Schädigung auch gewichtsmäßig in der Trockensubstanz aus.

Der Wurzelzweig, der lediglich mit P_2O_5 ernährt wurde, entwickelte sich trotz der bereits eingetretenen Schädigung des anderen Wurzelzweiges zunächst normal, er wurde erst bei starker Allgemeinschädigung der Pflanze durch $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ in der Entwickelung gehemmt. Die Reaktion der N-K-Nährlösungen ist zu Beginn in allen Gefäßen dieser Versuchsreihe die gleiche (p_H 3,4). Das

Wachstum hängt also hier nur von der Konzentration des Aluminiums ab.

Wurde dem einen Wurzelstamm nur Aluminium geboten (Pflanze c in der Abbildung 4), so starb er völlig ab. Hierdurch wurde aber der andere Wurzelstamm und auch die Pflanze nicht im geringsten geschädigt. Die geringe Verminderung der Trockensubstanz liegt innerhalb des mittleren Versuchsfehlers.

Die Reaktion ist bei Beginn des Versuches im linken Gefäßteil saurer als im rechten und nach Beendigung des Versuches bei den geschädigten Pflanzen nahezu gleich sauer. Da ferner die „P-Wurzel" der Pflanze a bei p_H 4,0 gedeiht, während die Wurzel der Pflanze c bei p_H 3,9 abgestorben ist, und da das Wachstum der Wurzeln eindeutig der Aluminium- und nicht der Wasserstoffionen-Konzentration folgt, so kann an der spezifischen Giftwirkung des Aluminiums nicht mehr gezweifelt werden. Die saure Reaktion hat u. E. hier nur insofern Bedeutung, als sie die Existenz der Aluminiumionen bedingt.

Die Reihe V bestätigt zunächst das Ergebnis der Reihe I. Bei Zusatz von Tonerdehydrat traten hier im Gegensatz zu Versuchen im Sand-Torf-Gemisch stärkste Wachstumshemmungen ein. Die Pflanzen kümmerten, die Blätter färbten sich tiefrotbraun wie bei P-Mangel. Die Nährstoffanalyse zeigte, daß tatsächlich starker P-Mangel in Wurzeln, Stengeln und Blättern vorliegt (s. Tab. 5 b). Die Wurzel ist also in Nährlösungen nicht imstande, die durch suspendiertes Tonerdehydrat ausgefällte Phosphorsäure aufzuschließen wie im Sand-Torf-Gemisch.

Reihe VI bestätigt die Ergebnisse der Reihe IV und V. Die stärkste Schädigung tritt naturgemäß ein, wenn beide Wurzelstränge, sei es durch Aluminium, sei es durch Tonerdehydrat oder durch beides gleichzeitig geschädigt werden (s. Gefäß Nr. 18, 19 und 20). Auch in dieser Reihe erweist sich das Aluminium als reines Wurzelgift; wird dem einen Wurzelstamm nur Aluminium geboten, so stirbt er ab, ohne daß die Pflanze geschädigt erscheint (Gefäß 21 und 22), wie schon in der vorhergehenden Versuchsreihe näher ausgeführt worden ist.

Nährstoffaufnahme (s. Tab. 1 bis 4).

Absolut betrachtet nimmt die Nährstoffaufnahme mit steigender Schädigung ab. Die Nährstoffaufnahme ist noch völlig normal, wenn die Wurzel bereits geschädigt ist. Die Mg-Aufnahme wird am ehesten herabgesetzt und ist auch am stärksten beeinflußt.

Der relative Nährstoffgehalt der Trockensubstanz nimmt in allen Versuchsreihen mit Ausnahme der Magnesia zu. *O. Arrhenius* hat daraus den Schluß gezogen, daß die Schädigung im sauren Boden durch Nährstoffüberschuß verursacht wird. Nach unserer Meinung kommt die Erscheinung rechnerisch dadurch zustande, daß die aufgenommenen Nährstoffmengen prozentual auf Trockensubstanz bezogen werden, und daß die Assimilation stärker bzw. später gestört wird als die Aufnahme der Nährstoffe. Der relative P_2O_5-Gehalt wird durch die Aluminiumgaben nicht ungünstig beeinflußt. Die Gesamt-P_2O_5-Aufnahme bleibt bei den niedrigen Al-Gaben die gleiche, ob die Phosphorsäure getrennt oder gemeinsam mit Aluminium zugeführt wird. Bei den hohen Aluminiumgaben nimmt der relative P_2O_5-Gehalt in den getrennt ernährten Pflanzen stärker zu als in den normal ernährten, entsprechend der stärkeren Hemmung der Assimilation bei getrennter Ernährung. Die Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure ist hoch. Sie wird durch bereits toxische Al-Gaben nur gering beeinflußt und geht erst stärker herunter, wenn die Pflanzen außerordentlich geschädigt sind. Es scheint, daß der relative Stickstoffgehalt durch Al-Gaben, die nur die Wurzelentwicklung schädigen, kaum beeinflußt wird. Sobald jedoch die Schädigung in der Trockensubstanz zum Ausdruck kommt, nimmt der prozentuale Stickstoffgehalt wieder zu. Da auch die stark geschädigten Pflanzen ausreichend Nährstoffe aufgenommen haben, ist es unwahrscheinlich, daß physiologischer Nährstoffmangel vorliegt. Die Ausnahme, die bei Magnesia beobachtet wird, kann als ein weiterer Hinweis dafür gewertet werden, daß primär Assimilationsstörungen vorliegen. Der Ca-Gehalt der Trockensubstanz ist durch die verschiedenen Ca-Gaben nicht beeinflußt worden.

Gefäß Nr.	Gegeben mval/l Al'''	Ca''	Ernte in g Gesamt	Wurzel	Sprosse	Nährstoffaufnahme in mg N	P_2O_5	SO_4	K_2O	CaO	MgO
701	0	10	11,75	1,60	10,15	—	81,0	131,7	314,4	54,2	28,1
			14,29	2,29	12,00	154,3	89,6	169,0	382,4	72,1	39,8
			m 13,02	1,94	11,08						
702	0,1	9,99	13,40	2,13	11,27	—	88,7	151,4	445,9	75,2	33,8
			12,27	1.99	10,28	118,0	81,1	178,0	369,7	59,9	37,7
			m 12,83	2,06	10,77						
703	0,05	9,95	12,28	1,94	10,34	—	85,2	165,5	371,6	65,1	35,0
			13,24	1,99	11,25	141,5	85,6	141,5	379,1	50,5	25,9
			m 12,76	1,96	10,08						
704	0,1	9,9	12,84	2,07	10,77	—	86,9	162,3	391,3	61,7	37,8
			11,20	1,43	9,77	117,6	85,8	119,5	353,0	59,8	38,5
			m 12,02	1,75	10,27						
705	0,5	9,5	13,06	2,24	10,82	—	84,7	133,5	349,1	62,6	24,8
			13,09	1,93	11,16	123,7	78,0	119,7	323,0	62,3	25,3
			m 13,07	2,08	10,99						
706	1,0	9,0	14,42	2,22	12,20	128,4	78,6	128,7	350,1	54,7	24,4
			12,47	2,12	10,35	—	80,7	116,8	417,0	54,7	18,7
			m 13,44	2,17	11,27						
707	2,0	8,0	7,02	1,12	5,90	99,0	66,2	83,6	305,5	46,0	9,1
			9,97	1,57	8,40	103,7	75,8	103,8	319,3	45,2	19,5
			m 8,50	1,35	7,15						
708	5,0	5,0	2,37	0,57	1,80	40,3	38,3	34,3	129,4	14,7	3,1
			1,75	0,50	1,25	34,7	25,6	24,4	80,8	17,2	3,9
			m 2,06	0,54	1,52						
709	7,5	2,5	2,27	0,77	1,50	37,2	34,3	33,0	115,6	20,8	2,7
			3,64	1,03	2,61	48.8	41,3	38,6	150,1	14,1	4,1
			m 2,96	0,90	2,06						
710	10	1,0	2,52	0,77	1,75	46,9	36,7	36,4	139,3	20,1	4,1

Tabelle 2. II. Ca-Reihe.

Gefäß Nr.	Gegeben mval/l Al$^{\cdots}$	Ca$^{\cdot\cdot}$	Ernte in g Gesamt	Wurzel	Sprosse	Nährstoffaufnahme in mg N	P_2O_5	SO_4	K_2O	CaO	MgO
711	0,1	10	12,82	2,06	10,06	129,7	76,9	129,7	350,8	55,7	26,1
			12,85	1,85	11,00	131,1	80,4	117,7	323,6	53,9	22,9
			m 12,84	1,95	10,53						
712	0,5	10	13,48	2,34	11,14	130,1	80,9	145.7	314,0	61.0	25,4
			12.99	1,79	11,20	145,5	84,9	135,1	266,6	67,0	20,5
			m 13,23	2,06	11,17						
713	1,0	10	11,91	2,06	9,85	125,7	61,6	100,8	254,4	57,7	19,7
			12,90	1,90	11,00	125,1	70,3	114,8	295,9	52,0	22,2
			m 12,41	1,98	10,43						
714	2,0	10	7,07	1,07	6,00	94,7	63,7	94,7	416,0	29,7	11,0
			9,68	1,36	8,32	89,1	80,3	79,1	383,0	60,9	17,5
			m 8,37	1,21	7,16						
715	5,0	10	3,85	0,90	2,95	53,9	36,5	30,0	167,2	29,7	6,8
			2,47	0,62	1,85	38,3	47,4	39,1	168,5	30,3	7,4
			m 3,16	0,76	2,40						
716	10,0	10	2,55	0,65	1,95	41,8	33,5	36,2	89,3	23,8	3,1
			1,13	0,32	0,81	28,6	20,4	23,9	67,3	31,7	6,7
			m 1,84	0,48	1,36						

Tabelle 3. IV. Reihe mit getrennter P_2O_5-Ernährung.

Gefäß Nr.	Gegeben links NK	Gegeben rechts P_2O_5	Ernte in g Gesamt	Wurzel	Sprosse	Nährstoffaufnahme in mg N	P_2O_5	SO_4	K_2O	CaO	MgO
801	0,0 Al	P_2O_5	11,22	2,30	8,92	—	58,8	93,9	258,7	65,7	21,8
	10,0 Ca		10,80	1,45	9,35	—	58,1	91,7	249,4	66,9	16,4
			7,80	1,53	6,27	100,6	58,6	71,1	242,2	54,7	25,5
			m 9,94	1,76	8,18						
802	0,01 Al	P_2O_5	13,32	2,05	11,27	95,6	49,4	106,1	231,9	64,3	26,4
	9,99 Ca		11,66	2,00	9,66	—	63,3	90,7	253,9	58,8	20,8
			m 12,49	2,02	10,47						
803	0,1 Al	P_2O_5	12,10	2,05	10,05	123,4	61,7	96,0	227,4	61,1	20,5
	9,9 Ca		11,29	2,02	9,27	134,4	67,5	88,6	256,0	66,8	17,9
			m 11,69	2,03	9,66						
804	0,5 Al	P_2O_5	9,52	1,80	7,72	131,4	67,5	88,3	237,6	59,5	11,7
	9,5 Ca		11,54	1,67	9,87	138,5	65,6	83,0	255,3	63,9	9,6
			m 10,53	1,73	8,80						
805	1,0 Al	P_2O_5	4,78	1,03	3,75	72,2	47,0	36,8	212,9	50,7	6,7
	9,0 Ca		4,25	1,00	3,25	79,9	49,6	50,8	173,6	52,2	8,2
			m 4,51	1,01	3,50						
806	5,0 Al	P_2O_5	3,47	0,75	2,72	65,6	55,9	35,9	216,0	29,7	3,4
	5,0 Ca		3,52	1,00	2,52	—	57,2	28,6	92,1	36,2	5,2
			m 3,49	0,87	2,62						
807	10,0 Al	P_2O_5	2,40	0,60	1,80	—	42,0	16,3	104,5	19,3	5,8
	0 Ca		1,70	0,50	1,20	34,9	38,4	13,9	63,7	22,1	5,4
			m 2,05	0,55	1,50						
808	NPK	10 Al	10,00	1,75	8,25	—	53,3	61,0	294,0	45,9	15,3
			8,80	1,30	7,50	107,4	63,5	93,0	272,2	40,1	5,7
			m 9,40	1,52	8,88						

Tabelle 4.

Reihe	I Jsoton. Ca+Al=10 mval						II Ca konstant=10 mval						IV getrennte Lösung NK+Al | P						NPK/Al	III Al nachträgl. gegeb.				
gegeb. Al^{III}	0	0.1	0.5	1.0	5.0	10	0	0.1	0.5	1.0	5.0	10	0	0.1	0.5	1.0	5.0	10	10	0	1	2	5	10 mval/l
PH Anfang	3.6	3.6	3.5	3.4	3.2	3.2	3.6	3.5	3.6	3.5	3.3	3.2	3.6	3.6	3.8	4.3	4.2	3.6	3.8					
PH Ende	4.1	4.1	4.0	4.2	3.7	3.6	4.1	3.9	4.1	3.9	4.0	3.6	3.7	4.2	3.9	4.3	4.2	3.6	3.8					

Trocken-substanz M. (0, 5, 10, 15, 20 g)

N (0, 1, 2 %)

P_2O_5 (0, 1, 2 %)

CaO (0, 1, 2 %)

MgO (0, 1 %)

K_2O (0, 2, 4 %)

(Anm.: Die PH-Angaben bei Spalte IV sind Endwerte, und zwar stellt die obere Reihe die Mittelwerte für die linken, Al-

Aufnahme des Aluminiums und der Phosphorsäure.

Tab. 5 und 6 enthalten die Ergebnisse der Aluminium- und Phosphorsäurebestimmungen in verschiedenen Pflanzenteilen. Bereits die gesunden Pflanzen enthalten Spuren von Aluminium in der Größenordnung von 0,06 bis 0,28 mg. In der Reihe V a ist der Alu-

Al- und P_2O_5-Aufnahme.

Tabelle 5. Normale Ernährung.

Reihe V		in Wurzeln mg Al	in Wurzeln mg P_2O_5	in Stengeln mg Al	in Stengeln mg P_2O_5	in Blättern mg Al	in Blättern mg P_2O_5
a) ohne $Al(OH)_3$							
1.	—	0,28	18,8	0,18	27,8	0,22	26,9
2.	+ 0,1 $Al^{\cdots}$	0,45	20,0	0,20	31,8	0,18	27,8
3.	+ 0,5 $Al^{\cdots}$	1,45	17,6	0,47	25,1	0,15	17,3
4.	+ 1,0 $Al^{\cdots}$	5,58	35,8	0,89	19,1	0,27	18,5
5.	+ 2.0 $Al^{\cdots}$	8,74	30,2	0,73	11,3	0,41	20,0
b) mit $Al(OH)_3$							
6.	—	3,02	2,14	0,46	3,70	0,23	1,51
7.	+ 0,1 $Al^{\cdots}$	2,76	1,77	0,38	2,46	0,24	1,98
8.	+ 0,5 $Al^{\cdots}$	4,14	1,50	1,13	2,99	0,19	1,36
9.	+ 1,0 $Al^{\cdots}$	3,16	0,91	0,36	1,16	0,33	0,94
10.	+ 2,0 $Al^{\cdots}$	3,29	1,26	0,42	1,17	0,15	1,22

Tabelle 6. Getrennte Ernährung.

Reihe VI	links NP	rechts P	in Stengeln mg Al	in Stengeln mg P_2O_5	in Blättern mg Al	in Blättern mg P_2O_5
a) ohne $Al(OH)_3$						
11.	—	—	0,07	27,29	0,05	16.25
12.	+ 0,1 $Al^{\cdots}$	—	0,03	42,86	0,15	16,43
13.	+ 1,0 $Al^{\cdots}$	—	0,03	30,69	0,07	28,70
b) mit $Al(OH)_3$						
14.	—	—	0,21	19,25	0,14	18,52
15.	+ 0,1 $Al^{\cdots}$	—	0,01	15,95	0,10	31,59
16.	+ 1,0 $Al^{\cdots}$	—	0,02	21,18	0,06	39,42
17.	—	+ $Al(OH)_3$	0,07	1,92	0,09	2,70
18.	+ 2,0 $Al^{\cdots}$	+ $Al(OH)_3$	0,06	2,55	0,12	2,79
19.	—	+ 2,0 $Al^{\cdots}$	0,10	5,46	0,06	4,83
20.	—	+ 2,0 $Al^{\cdots}$ + $Al(OH)_3$	0,02	0.82	0,07	1,40
21.	NPK	+ 2,0 $Al^{\cdots}$	0,11	23,27	0,10	14,00
22.	NPK	+ 2,0 $Al^{\cdots}$ + $Al(OH)_3$	0,09	14,25	0,08	8,56

miniumgehalt der Stengel der geschädigten Pflanzen etwas höher als in den gesunden Pflanzen. In der Reihe VI ist keine Mehraufnahme an $Al^{\cdots}$ eingetreten. In den Blättern ist der Aluminiumgehalt in allen Fällen innerhalb der Versuchsfehler gleich. Allein in der Wurzel steigt der Aluminiumgehalt mit steigenden Aluminiumgaben und entsprechender Schädigung an. Es wird also sehr wahrscheinlich $Al^{\cdots}$ in der Pflanze nicht weitergeleitet, sondern bleibt auf oder in der Wurzel haften. In den Wurzeln ist die Phosphorsäure mit steigendem Aluminiumgehalt angereichert, während der P_2O_5-Gehalt in den Stengeln, weniger deutlich in den Blättern, entsprechend der P_2O_5-Anreicherung in der Wurzel zurückgeht, so daß die gesamte P_2O_5-Aufnahme praktisch unbeeinflußt erscheint. Wir möchten diese auffälligen Befunde so deuten, daß Aluminium in der Wurzel niedergeschlagen wird, und daß dadurch ein Teil der Phosphorsäure in der Wurzel zurückgehalten wird.

In Reihe V b (Zusatz von Tonerdehydrat) sind die in der Wurzel gefundenen Aluminiumgehalte entsprechend dem großen Überschuß von suspendiertem Tonerdehydrat gleich hoch, so daß die außerdem gegebenen kleinen Mengen von löslichem Aluminiumsalz ohne Einfluß bleiben. Hier fällt auf, daß trotz der Aluminiumanreicherung in der Wurzel der P_2O_5-Gehalt der Wurzel nicht ansteigt, offenbar deshalb, weil die Phosphorsäure schon in der Nährlösung durch suspendiertes Tonerdehydrat festgelegt worden ist, wofür auch der außerordentlich niedrige P_2O_5-Gehalt der Stengel und Blätter spricht.

In Reihe VI verläuft die P_2O_5-Aufnahme bei getrennter P_2O_5-Ernährung trotz starker Schädigung der Pflanze normal, sofern die Phosphorsäure nicht bereits in der Nährlösung, wie in der Reihe V b diskutiert, ausgefällt worden ist (Gefäßnummer 17 bis 20). Dieser Befund ist ein weiterer Hinweis dafür, daß das Aluminium nicht weitergeleitet wird, und daß die eingetretene Schädigung nicht physiologisch mit der Phosphorsäureaufnahme zusammenhängt.

Versuch 21 und 22 ist so angestellt, daß einem Wurzelstrang alle Nährstoffe zur Verfügung stehen, während der andere Wurzelstrang in eine Lösung, die nur Aluminiumsalz enthält, eintaucht. Wie Tab. 6 zeigt, werden in Stengeln und Blättern der so gezogenen Pflanzen nur geringfügige Spuren von Aluminium gefunden. Diese Feststellung ist übereinstimmend mit der auf Tab. 3 festgestellten Trockensubstanzernte, die zeigt, daß keine Wachstumsschädigungen eingetreten sind.

Da auch die gesunden Pflanzen Aluminium in kleinsten Mengen enthielten, können unsere Versuche die Frage, ob Aluminium ein biogenes Element ist, nicht beantworten.

Einen Hinweis für die Natur der Wurzelschädigung gibt der anatomische Befund der Tab. 7. Die geschä-

Tabelle 7. Anatomischer Befund. (Prof. Dr. *K. Noack.*)
Versuchsreihe V.

Pflanzen	Gefäß Nr.	$Al^{\cdots}$ gegeben mval	$Al^{\cdots}$ im Wurzelschnitt	Beurteilung der Zellen des Rindenparenchyms
gesund	1	—	—	normal
krank	2	0,1	+	groß
krank	3	0,5	+	groß
krank	4	1,0	+	groß
krank	5	2,0	+	sehr groß
krank	6	$Al(OH)_3 + 0,0$	—	normal
krank	7	$Al(OH)_3 + 0,1$	+	nur wenige groß
krank	8	$Al(OH)_3 + 0,5$	+	groß } i. d. Gefäßen z. T. brauner Inhalt
krank	9	$Al(OH)_3 + 1,0$	+	groß } i. d. Gefäßen z. T. brauner Inhalt
krank	10	$Al(OH)_3 + 2,0$	+	groß } i. d. Gefäßen z. T. brauner Inhalt

digten Pflanzen der Reihe V haben nach den Untersuchungen von Prof. *Noack* auffallend große Zellen im Rindenparenchym. Das Aluminium war peripher mikrochemisch mit Eriochromcyanin immer dann nachweisbar, wenn die Wurzeln mit Aluminiumsalzen in Berührung gekommen waren, während im Blutungssaft qualitativ kein Aluminium gefunden wurde, was auch mit den quantitativen analytischen Befunden übereinstimmt.

Da die gleichen Beobachtungen über Vergrößerung der Zellen des Rindenparenchyms auch gemacht wurden,

wenn die Pflanzen nur bei saurer Reaktion ohne Gegenwart von Aluminium ernährt wurden, so sind die anatomischen Befunde schwierig zu deuten. Die Klärung der Frage, ob die durch Aluminium bewirkte Assimilationsschädigung vielleicht mit der Atmung der Wurzel zusammenhängt, muß weiteren Versuchen vorbehalten werden.

Zusammenfassung.

Um die Frage nach der spezifischen Wirkung des Aluminiums zu klären, wurden die Wurzeln von vorgezogenen Maispflanzen geteilt und getrennt auf der einen Seite mit N und K, auf der anderen mit Ca und P ernährt; $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ wurde unter Einhaltung der Isotonie einmal der N-K-Nährlösung und einmal der P-Lösung zugesetzt. In einer weiteren Versuchsreihe wurde ein Wurzelstrang normal ernährt, während der andere in eine Al-Lösung eintauchte. Die Reaktion der getrennten Lösungen war bei Beendigung des Versuches gleich sauer. — In allen Versuchsreihen zeigten sich die Maispflanzen mit steigenden Al-Gaben, und zwar die Wurzeln stets früher als die Sprossen, zunehmend geschädigt. Bei getrennter Wurzelernährung wurde nur der Wurzelstrang geschädigt, der in die Al-Lösung eintauchte, während sich der andere bei *gleichsaurer Reaktion* völlig normal entwickelte. Wurde dem einen Wurzelstrang nur Aluminiumsalz geboten, so starb dieser ab, ohne daß die Pflanze geschädigt wurde. Das Aluminiumion muß demnach als ein spezifisches Wurzelgift angesehen werden. Die Wasserstoffionen haben *innerhalb der Spanne, die im Boden praktisch auftritt, nur insofern Bedeutung, als sie die Existenz der Al-Ionen bedingen.*

Zuerst wird die Entwicklung der Wurzel gehemmt, dann treten Assimilationsstörungen ein, durch die der relative Nährstoffgehalt nicht herabgesetzt wird; eine Ausnahme hiervon macht allein die Magnesia. Daß die Permeabilität der Wurzel für die mineralischen Nährstoffe verändert worden ist, ist danach nicht wahrscheinlich. Die Anreicherung der Nährstoffe in

den stark geschädigten Pflanzen kommt dadurch zustande, daß die Assimilation stärker bzw. früher gehemmt wird als die Aufnahme der Nährstoffe. Mit der P-Ernährung hängt die Schädigung physiologisch nicht zusammen. Dies geht besonders daraus hervor, daß die durch Aluminium geschädigten Pflanzen mit dem anderen nicht geschädigten Wurzelteil die Phosphorsäure aufgenommen haben. Bei einer Al-Konzentration von 4 mg im Liter trat unter den Versuchsbedingungen die Schädigung auf. Ca-Ionen konnten die Giftwirkung nicht aufheben.

Im Gegensatz zu Versuchen im Sand und im Boden erwies sich in Wasserkulturen auch Tonerdehydrat äußerst schädlich. Diese Erscheinung ist so zu deuten, daß die Pflanze in Wasserkulturen nicht imstande ist, die durch Tonerdehydrat festgelegte Phosphorsäure aufzunehmen.

Das Aluminium wird in oder an der Wurzel niedergeschlagen; in den Blättern auch der stark geschädigten Pflanzen wurde nicht mehr Aluminium gefunden als in den gesunden Pflanzen. Das in oder an der Wurzel niedergeschlagene Aluminium hält die Phosphorsäure zum Teil zurück, ohne daß jedoch Stengel und Blätter an P-Mangel leiden. Die durch Aluminium geschädigten Wurzeln zeigten krankhaft vergrößerte Zellen im Rindenparenchym.

Unsere Versuche klären die sich widersprechenden Erfahrungen der landwirtschaftlichen Praxis über den Einfluß des sauren Bodens dahin gehend, daß eine Schädigung immer dann eintreten muß, wenn der Sauerkeitsgrad des Bodens die Bildung von Al-Ionen aus Tonerdehydrat-Gel, das beim Abbau der Bodensilicate entsteht, ermöglicht. Sinkt die Reaktion des Bodens unter p_H 5, so ist diese Möglichkeit gegeben.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der planmäßigen Untersuchung der Bodenreaktion.

Von Dr. L. SCHMITT, Darmstadt.

Das Ziel der Agrarpolitik des neuen deutschen Staates ist die Sicherung der Volksernährung durch den deutschen Boden. Der Bauernstand, als Nährstand unserer Nation, steht daher vor der Lösung einer schwierigen Aufgabe, deren Größe uns bewußt wird, wenn wir den Stand der deutschen Ernährungslage betrachten. Setzt man die erstrebte volle Bedarfsdeckung an allen wichtigen Nahrungsmitteln gleich Hundert, so deckte die Inlanderzeugung der letzten Jahre etwa 90% des Bedarfs. Große Teile der heimischen Erzeugung, wie Fett und Fleisch, wurden aber seither mit Hilfe von Rohstoffen und Futtermitteln erzielt, die aus dem Auslande kamen. Berücksichtigt man dies, dann wurden in den letzten Jahren nur rund 80% des Gesamtverbrauchs an Lebensmitteln aus den Erzeugnissen unseres eigenen Bodens gedeckt.

Wenn auch hiernach das deutsche Bauerntum für unsere gesamte Volkswirtschaft eine beachtenswerte Leistung vollbrachte, so müssen doch bis zur vollen Deckung unseres Nahrungsbedarfs noch gewaltige Anstrengungen gemacht werden. Man hat berechnet, daß wir noch einmal die Ertragssteigerungen der letzten 25 Jahre vor dem Krieg wiederholen müssen, um vom Ausland unabhängig zu werden. Unsere Losung muß daher mehr denn je heißen: Erzeugen.

Wir wissen, daß die Ertragssteigerungen in den letzten Jahrzehnten der zähen Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis zu verdanken sind dadurch, daß auf dem Gebiet der Sortenzüchtung große Leistungen vollbracht wurden, für bessere Bodenbearbeitung gesorgt und den tierischen und pflanzlichen Schädlingen der schärfste Kampf angesagt wurde. Wir wissen aber auch weiterhin, daß die sachgemäße Verwendung von Wirtschafts- und Handelsdüngemitteln einen nicht geringeren Anteil an diesen Erfolgen hat. Nach unseren Beobachtungen und Erfahrungen wird jedoch auch auf diesem Gebiet noch lange nicht all das getan, was nach den Erkenntnissen der landwirtschaftlichen Wissenschaft möglich ist.

So wird viel zu wenig auf die Frage der Bodenreaktion geachtet, obwohl zahlreiche Arbeiten, die diese Frage im letzten Jahrzehnt behandelten, gezeigt haben, daß sowohl eine organische, als auch eine mineralische Düngung auf die Dauer nur dann

zur höchsten Wirkungsfähigkeit gelangen und damit auch den höchsten Nutzen bringen kann, wenn sich die Reaktion oder der Kalkzustand des Bodens in Ordnung befindet. Wir haben vor 10 Jahren Feldversuche auf kalkarmen, sauren Sandböden der Mainebene eingeleitet, deren Ergebnisse besonders gut geeignet sind, zu zeigen, welch starken Einfluß die Bodenreaktion auf die Wirkungsfähigkeit der Handelsdüngemittel auszuüben vermag.

Die Ergebnisse eines unserer Feldversuche sollen kurz den diesbezüglichen Beweis für die teuersten Düngemittel, die Stickstoffdüngemittel, liefern.

Tabelle 1.

Roggen- und Kartoffelerträge (dz/ha) und Ausnutzung der Stickstoffdüngung bei einem 8 jährigen Feldversuch vom Karlshof bei Darmstadt.

Düngung		im Mittel von 5 Roggenjahren		im Mittel von 3 Kartoffeljahren		Kalkzustand des Bodens nach der zweiten Kalkgabe		
		Körner	Ausnutzung %	Knollen	Ausnutzung %	A. A. cm³	H. A. cm³	pH (KCl)
ohne Stickstoff	ohne Kalk	9,7	—	105	—	12,95	23,8	3,75
Schw. Ammon.	ohne Kalk	6,8	7	154	37	18,20	28,2	3,48
Natronsalpeter	ohne Kalk	25,8	55	177	47	9,80	21,2	3,88
Kalkstickstoff	ohne Kalk	21,4	44	207	56	4,90	18,4	4,22
ohne Stickstoff	mit Kalk	12,3	—	151	—	3,50	18,8	4,42
Schw. Ammon.	mit Kalk	18,7	27	212	46	6,65	22,6	4,06
Natronsalpeter	mit Kalk	25,1	49	204	43	2,10	16,6	4,65
Kalkstickstoff	mit Kalk	23,2	39	210	39	1,75	15,4	4,87

Der Versuch trug während der ersten 8 Versuchsjahre 5mal Roggen und 3mal Kartoffeln. Im Durchschnitt der 5 Roggenjahre erhielten wir auf den Teilstücken ohne Kalk, also auf dem sauren Boden, bei der Düngung ohne Stickstoff nur 9,7 dz Körner. Gaben wir zu dieser Grunddüngung von Superphosphat und Kalisalz den fehlenden Stickstoff, und zwar in Form von schwefelsaurem Ammoniak, dann erhielten wir nicht nur nicht die erhoffte Mehrernte, sondern wir bekamen im Durchschnitt der 5 Jahre einen Minderertrag in Höhe von fast 3 dz. Nach den vorliegenden Ausnutzungszahlen konnten sich die Pflanzen den Stickstoff in der Form des schwefelsauren Ammoniaks nicht aneignen, denn von 100 Teilen des verabfolgten Stickstoffs wurden

nur 7 Teile in der Pflanze wiedergefunden. Dies hing damit zusammen, daß die Austausch-Acidität im Laufe der ersten 5 Jahre schon um fast 6 cm³ zunahm und die p_H-Zahl weiterhin bis zur Grenze des Möglichen gesenkt wurde (p_H: 3,75—3,48). Gaben wir die Stickstoffdüngung in Gestalt von Natronsalpeter und Kalkstickstoff, in den beiden Formen, durch die eine weitere Versauerung des Bodens nicht eintrat, dann erhielten wir sehr zufriedenstellende Ernten, und die Stickstoffdüngung konnte auch von den Pflanzen weit nutzbringender verwertet werden.

Tabelle 2.
Roggen- und Kartoffelerträge (dz/ha) und Ausnutzung der Phosphorsäuredüngung bei einem 8jährigen Feldversuch von Arheilgen bei Darmstadt.

Düngung		im Mittel von 6 Roggenjahren: Körner	Ausnutzung %	im Mittel von 2 Kartoffeljahren: Knollen	Ausnutzung %	Kalkzustand des Bodens nach der zweiten Kalkgabe: A. A. cm³	H. A. cm³	p_H (KCl)
ohne Phosphors.	ohne Kalk	17,0	—	103	—	17,85	28,6	3,96
Thomasmehl	ohne Kalk	27,0	21	158	7	13,65	27,4	4,08
Superphosphat	ohne Kalk	19,7	2	141	7	17,15	28,0	4,05
Rhenaniaphosphat	ohne Kalk	23,5	14	154	8	15,40	24,8	4,09
ohne Phosphors.	mit Kalk	25,6	—	182	—	8,40	24,0	4,45
Thomasmehl	mit Kalk	31,6	27	222	9	4,55	21,0	4,58
Superphosphat	mit Kalk	28,6	17	200	4	7,35	23,2	4,46
Rhenaniaphosphat	mit Kalk	30,4	22	228	6	5,25	21,4	4,53

Wurde jedoch bei den Versuchen auf die Reaktionsverhältnisse des Bodens geachtet, dadurch, daß erst eine Reaktionsmessung vorgenommen und die unbedingt notwendig gewesenen Kalkmengen in der Reihe mit Kalk gegeben wurden, dann vermochte auch das schwefelsaure Ammoniak einen besseren Ertrag zu liefern, und der Ausnutzungsgrad der in dieser Form gegebenen Stickstoffdüngung stieg von 7 auf 27% an. Die Kalkdüngung zu dem schwefelsauren Ammoniak gegeben, genügte jedoch noch nicht, um solche Erträge zu liefern wie der Natronsalpeter und Kalkstickstoff. Auch waren die Reaktionsverhältnisse bei der Ammoniakdüngung trotz Kalkgabe immer noch ungünstiger als bei den genannten alkalischen Düngemitteln. Man bezeichnet

mit Recht das schwefelsaure Ammoniak als einen guten Kartoffeldünger. Wie aber die bei unseren Versuchen erhaltenen Erntezahlen der 3 Kartoffeljahre lehren, verlangen die an sich weniger säureempfindlichen Kartoffeln doch einen besseren Reaktionszustand wie im vorliegenden Fall. Wurde nämlich Kalk gegeben, dann erst machte das physiologisch saure Stickstoffsalz seinem Namen volle Ehre.

Für die Wirkungsfähigkeit der Stickstoffdüngemittel ist es also ungemein wichtig, daß gesunde Reaktionsverhältnisse im Boden vorliegen. Das gleiche trifft auch für die phosphorsäurehaltigen Düngemittel zu. Wir haben auch nach dieser Richtung hin Versuche angestellt, und ein nunmehr 12 Jahre alter Versuch hat uns besonders deutlich gezeigt, wie weitgehend dies der Fall sein kann.

Ein Blick auf die Ernteergebnisse läßt erkennen, daß **das Superphosphat auf dem sauren Versuchsboden nicht der geeignete Phosphorsäuredünger** war, denn im Durchschnitt der 6 Roggenjahre erhielten wir in der Reihe ohne Kalk nur einen Mehrertrag von 2,7 dz Körner und nur 2 Teile von 100 Teilen der mit der Superphosphatdüngung gegebenen Phosphorsäuredüngung konnten von den Roggenpflanzen verwertet werden. Die alkalischen Phosphate, das Thomasmehl und Rhenaniaphosphat waren dagegen für den vorliegenden Boden die geeigneten Phosphorsäuredüngemittel; denn durch das Thomasmehl erhielten wir bei einer Phosphorsäureausnutzung von 21% einen Mehrertrag gegen ohne Phosphorsäure von 10 dz, und durch die Verabreichung von Rhenaniaphosphat erhielten wir bei einer Phosphorsäureausnutzung von 14% ein Mehr von 6,5 dz Körner. Sobald wir aber wußten, wie es um den Reaktionszustand des Bodens bestellt war und wir entsprechende Mengen an Kalk verabreichten, dann vermochte auch das Superphosphat eine ähnlich gute Wirkung zu vollbringen wie die mit ihm verglichenen anderen Phosphorsäuredünger.

Ähnlich lagen auch die Verhältnisse bei den Kartoffeln. Für alle 3 phosphorsäurehaltigen Düngemittel traf es zu, daß auch zu dieser Pflanze die Phosphorsäure — allerdings auch hier in der Reihenfolge Thomasmehl, Rhenaniaphosphat, Superphosphat — erst dann ihre höchste Wirkungsfähigkeit entfalten kann auf einem Boden, dessen Reaktionsverhältnisse gesund sind. Daß ein solcher Zustand in für leichte Böden weitgehendem Maße durch die von uns getroffenen Kalkdüngungsmaßnahmen

hervorgerufen wurde, wird durch die angegebenen Reaktionszahlen bestätigt.

Die Wirtschaftlichkeit und Wirkungsfähigkeit der Kalidüngesalze ist ebenso stark von dem Reaktionszustand des Bodens abhängig wie die der stickstoff- und phosphorsäurehaltigen Handelsdüngemittel.

Bei dem einen unserer diesbezüglichen Kaliversuche erhielten wir bei stark saurer Reaktion durch die Volldüngung mit Chlorkalium und schwefelsaurem Kali sehr unbefriedigende Ernten,

Tabelle 3.
Roggen- und Kartoffelerträge (dz/ha) und Ausnutzung der Kalidüngung bei zwei 8jährigen Feldversuchen vom Karlshof bei Darmstadt.

Düngung		im Mittel von 5 Roggenjahren		im Mittel von 3 Kartoffeljahren		Kalkzustand des Bodens nach der zweiten Kalkgabe		
		Körner	Ausnutzung %	Knollen	Ausnutzung %	A. A. cm^3	H. A. cm^3	p_H (KCl)
Versuch Nr. 30:								
Chlorkalium	ohne Kalk	13,0	5	124	2	14,00	27,8	3,68
Schw. Kalium	ohne Kalk	14,8	4	139	8	11,55	26,2	3,68
Chlorkalium	mit Kalk	34,7	22	243	26	3,15	18,6	4,40
Schw. Kalium	mit Kalk	35,3	23	232	20	3,50	19,6	4,41
Versuch Nr. 35:								
Chlorkalium	ohne Kalk	6,6	2	159	2	17,85	28,6	3,57
Schw. Kalium	ohne Kalk	6,4	0	162	5	18,70	30,2	3,52
Chlorkalium	mit Kalk	18,5	9	211	22	5,95	22,8	4,28
Schw. Kalium	mit Kalk	17,9	5	207	20	5,60	22,0	4,31

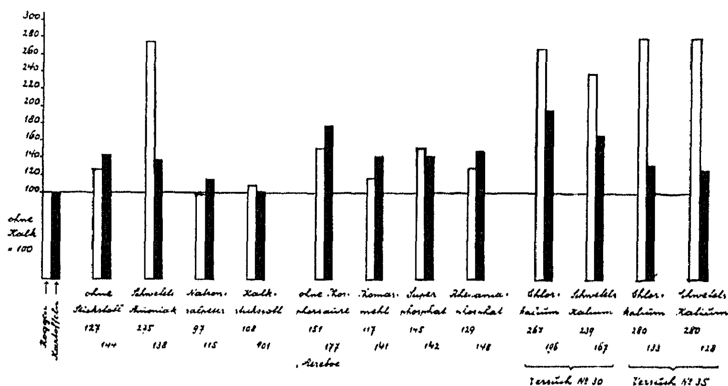
und die Kalidüngung konnte nur zu 5 und 4% ausgenutzt werden. Auch bei Versuch Nr. 35, dessen Boden noch saurer war, erhielten wir im Durchschnitt der 5 Roggenjahre im wahrsten Sinne des Wortes Mißernten. Die Pflanzen vermochten sich überhaupt nicht das gegebene Kali anzueignen. Sofort trat jedoch eine wesentliche Verbesserung der ganzen Verhältnisse ein, wenn vor der Verabreichung der Phosphorsäure-, Stickstoff- und Kalidüngung die Reaktionsverhältnisse des Bodens ermittelt wurden und eine dementsprechende Kalkdüngung zur Anwendung kam. Hierdurch stieg bei dem ersten Versuch der Ertrag von 13,0

bzw. 14,8 auf 34,7 und 35,3 dz Roggen an. Bei den Kartoffeln trat fast eine Verdoppelung der Erträge ein. Bei Versuch Nr. 35 wurde die Roggenernte durch die Herbeiführung besserer Reaktionsverhältnisse fast verdreifacht, und die Kartoffelernten stiegen von rund 160 dz auf über 200 dz.

Fassen wir nochmals die gesamten Ergebnisse der soeben besprochenen Versuche zusammen, dadurch, daß wir auf der vorstehenden graphischen Darstellung die Wirkung der Kalkdüngung verfolgen, die sich zu den verschiedenen Handelsdüngemitteln gezeigt hat.

Tabelle 4.

Die Wirkung der Kalkdüngung auf den sauren Sandböden der langjährigen Feldversuche der landwirtschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.



Wenn wir die auf den kalkfrei gebliebenen Böden erhaltenen Roggen- und Kartoffelerträge gleich 100 setzen, dann sehen wir an dem Überragen der Säulen, daß die Kalkdüngung fast überall eben durch die Herstellung besserer Reaktionsverhältnisse zu erheblichen Verbesserungen der Düngewirkung führte. Ganz besonders in die Augen springend war ihre Wirkung bei dem schwefelsauren Ammoniak. Interessant ist auch die Wirkung des Kalks auf dem Boden ohne Phosphorsäure. Der Versuch wurde noch von Geh.-Rat *Wagner* im Jahre 1922 eingeleitet und sollte ursprünglich dazu dienen, die Behauptungen von *Aereboe* und *v. Wrangell* nachzuprüfen. Der Versuchsboden enthielt nach den Feststellungen *Wagners* beträchtliche Mengen an Gesamt-Phosphor-

säure, aber nur Spuren an leicht löslicher Phosphorsäure. Durch die jahrelange Düngung des an sich schon kalkarmen Bodens mit schwefelsaurem Ammoniak und Kalisalz hätte den Behauptungen von *Aereboe* entsprechend durch die weitere Versäuerung des Bodens ein Löslicherwerden der reichlich vorhandenen Phosphorsäurevorräte eintreten müssen. In Wirklichkeit wurde jedoch die Phosphorsäure durch die zunehmende Versauerung des Bodens durch die bekannte Bildung von Eisen- und Aluminiumphosphat noch unlöslicher gemacht. Die bewirkte Verbesserung der Bodenreaktion durch die Kalkdüngung hat jedoch im Gegensatz zu *Aereboe*s Anschauung eine gewisse Mobilisierung der pflanzenunlöslich gewordenen Phosphorsäure herbeigeführt. Hierdurch konnten auf den Teilstücken ohne Phosphorsäure mit Kalk im Durchschnitt der 5 Roggenjahre 8,6 dz mehr geerntet werden als auf den gleichen Teilstücken ohne Kalk, die eigentlich mehr als die zuerst genannten hätten bringen müssen.

Die vorstehende graphische Darstellung läßt bei den beiden Kaliversuchen nochmals in besonders wirkungsvoller Weise erkennen, daß auch die Kalidüngemittel außerordentlich stark in ihrer Wirkungsfähigkeit und damit auch in ihrer Wirtschaftlichkeit gehemmt werden können, wenn man, ohne die Reaktionsverhältnisse des Bodens zu kennen, einen stärker sauren Boden düngt.

Diese wichtigen Erkenntnisse können aber nur dann für den deutschen Bauern und damit für unser ganzes Volk von großem Wert und außerordentlicher Bedeutung sein, wenn es möglich ist, dem Betreuer des Bodens sagen zu können, wie es um dessen Reaktionszustand bestellt ist. Wir mußten also Untersuchungsmethoden haben, die es zuließen, auf billigste Weise eine große Anzahl von Böden innerhalb kürzester Frist zu untersuchen.

Wir dürfen auch in diesem Fall auf unsere Wissenschaft stolz sein, denn die deutsche Agrikulturchemie und Bodenkunde schuf innerhalb kurzer Zeit Methoden und Untersuchungsapparate, die es ermöglichen, solche Untersuchungen in großer Zahl auf billigste Weise durchzuführen. Mit welcher Sicherheit diese Methoden uns die Antwort nach dem Kalkbedarf des Bodens zu geben vermögen, davon soll uns kurz noch ein Feldversuch berichten, den wir zu diesem Zweck vor einiger Zeit durchführten.

Der Versuchsboden war stark kalkdüngebedürftig, und wir wendeten 5 verschiedene Laboratoriumsmethoden an, um aus ihren Ergebnissen den Kalkbedarf zu errechnen. Diese Kalkmengen gaben wir sodann zur Herstellung einer ganz bestimmten

Tabelle 5.

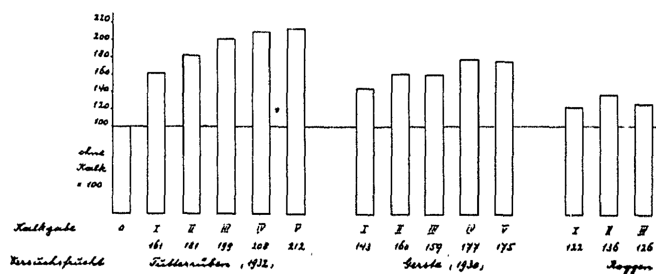
Feldversuch zur Ermittlung des zweckmäßigsten Rea[...] zustandes auf einem kalkarmen Sandboden der Gem[...] Langen (Versuch Nr. 131).

Düngungsplan	1930 Gerste		1931 Roggen		1932 Futterrüben	
	Mittel-ertrag dz/ha	Mehr-ertrag dz/ha	Mittel-ertrag dz/ha	Mehr-ertrag dz/ha	Mittel-ertrag dz/ha	Mehr-ertrag dz/ha
Volldüngung ohne Kalk	10,6	—	13,7	—	280	—
+ Kalkgabe 1 ...	15,2	4,6	16,7	3,0	450	170
+ Kalkgabe 2 ...	16,9	6,3	18,5	4,8	509	229
+ Kalkgabe 3 ...	16,4	5,8	17,3	3,6	557	277
+ Kalkgabe 4 ...	18,8	8,2	17,2	3,5	582	302
+ Kalkgabe 5 ...	18,6	8,0	21,4	7,7	593	313

Reaktion in den Kalkgaben 1—5. Wir sehen aus den Mehre[...] die zu den einzelnen Versuchspflanzen erzielt wurden, d[...] auch in diesem Fall die Bodenuntersuchungen eine einwa[...] Antwort erteilten. Die Antwort wird uns noch deutlic[...] macht, wenn wir auf der nächsten graphischen Darstell[...] Wirkung der steigenden Kalkgaben verfolgen.

Tabelle 6.

Die Wirkung steigender Kalkgaben auf einem kalkarmen Sandboden der Gemarkung L[...] Die Früchte sind nach der Säureempfindlichkeit ge[...] (Der Ertrag der K-P-N-Düngung ohne Kalk ist gleich 100 gesetzt [...]



Setzen wir die zur kalkfreien Volldüngung erhaltenen [...] abermals gleich 100, dann sehen wir, daß die durch di[...] düngung herbeigeführte Verbesserung der Bodenreakti[...]

den Futterrüben in allen Fällen eine bessere Ausnutzung der Stallmistdüngung und der Kali-, Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung zuließ. Gaben wir mit den Kalkgaben 4 und 5 nach der Bodenuntersuchung eine so starke Kalkdüngung, daß auch die letzten Reste der Austauschsäure und der hydrolytischen Säure verschwanden, dann bekamen wir glatt eine Verdoppelung der Rübenerträge. Auch bei der Gerste, die bekanntlich wie die Futterrüben zu den säureempfindlichen Pflanzen zu rechnen ist, traten ebenfalls Höchsternten bei den stärksten Kalkgaben ein. Der Roggen, der ja nicht so säureempfindlich ist wie die beiden erstgenannten Pflanzen, machte ebenfalls alle Kalkgaben reichlich bezahlt, ein weiterer Beweis dafür, daß auch diese Pflanze die ihr dargebotenen Nährstoffe nur dann vollkommen auszunutzen vermag, wenn die Reaktionsverhältnisse des Bodens geordnet sind.

Die von uns heute benutzten Untersuchungsmethoden setzen uns also in die Lage, dem Bauern zu sagen, wie es um den Reaktionszustand seines Bodens bestellt ist und was er tun muß, um den günstigen Zustand herbeizuführen. Erst die Untersuchungen zeigten uns, wie schlimm es um die Reaktionsverhältnisse der deutschen Böden steht.

Tabelle 7.

Kalkzustand der deutschen Böden nach den Untersuchungen der landwirtschaftlichen Versuchsstationen.

Land	Anzahl der untersuchten Proben	Von hundert untersuchten Proben waren nicht kalkbedürftig	bedingt kalkbedürftig	unbedingt kalkbedürftig
Starkenburg	3 496	32	35	33
Oberhessen	1 603	6	63	31
Hessen-Nassau ..	1 348	4	43	53
Württemberg ...		28	72	
Baden			34 % in schlechtem Kalkzustand	
Rheinpfalz			40% kalkarm	
Deutsches Reich (Stand 1930)	247 479	31,5	39,4	29,1

An der Darmstädter Versuchsstation haben wir bis zum Jahre 1930 rund 3500 Böden aus der hessischen Provinz Starkenburg untersucht. Durch unsere verstärkte Untersuchungstätigkeit,

über die noch zu sprechen sein wird, dürften es jetzt weit über 35 000 Proben sein. Von diesen ganz wahllos entnommenen Proben waren bis zu 33% sehr stark sauer, besaßen also einen ähnlich ungünstigen Reaktionszustand, wie unsere Feldversuchsböden. Weitere 35% waren als unbedingt kalkbedürftig anzusprechen, wenn auf ihnen säureempfindliche Pflanzen angebaut werden sollten. In der größten hessischen Provinz Oberhessen trafen wir teilweise eine noch größere Kalkbedürftigkeit an. **Über 90% der untersuchten Böden befanden sich nicht in dem Reaktionszustand, daß alle Pflanzen mit Aussicht auf besten Erfolg angebaut werden konnten.** Es ist nur ein Glück, daß die oberhessischen Böden noch über ein besseres Pufferungsvermögen verfügen als die der Mainebene.

Wir ahnten vor Jahren schon, daß auch in Nassau die Reaktionsfrage brennend war. Als vor etwa 9 Monaten dieses Gebiet in der Landesbauernschaft Hessen-Nassau unserem Dienstbereich einverleibt wurde, setzten wir sofort mit orientierenden Untersuchungen ein, da wir wußten, daß dieses in dieser Hinsicht bisher vernachlässigte Land derartige Untersuchungen notwendig hatte. Wie die hier verzeichneten Zahlen beweisen, wurden unsere Vermutungen nach der unangenehmen Seite hin noch weit übertroffen. Nur 4% der bisher untersuchten Böden wiesen einen gesunden Reaktionszustand auf.

Wie aus den weiteren Zahlen der vorstehenden Übersicht zu entnehmen ist, muß auch im übrigen Südwestdeutschland noch viel Arbeit geleistet werden, bis gesundere Reaktionsverhältnisse vorliegen. Lenken wir schließlich noch einen Blick auf die von dem ganzen Reich bis 1930 vorliegenden Untersuchungsergebnisse, dann finden wir, daß die Verhältnisse im großen Durchschnitt in ganz Deutschland nicht günstiger liegen als bei uns.

Es ist geradezu erschreckend, daß trotz dieser Feststellungen die deutsche Landwirtschaft, teilweise durch ihre schlechte Lage bedingt, immer noch nicht auf diese Verhältnisse achtet. Dies geht am besten aus der nächsten Aufstellung über den Nährstoffverbrauch je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche hervor.

Während wir vor dem Krieg je Hektar 120 kg CaO verbrauchten, wurde diese Zahl nach dem Krieg nicht nur nicht erreicht, sondern betrug 1931/32 fast nur die Hälfte. Es ist daher bei den stets sinkenden Kalkverbrauchszahlen kein Wunder, daß die deutschen Versuchsstationen nach ihren

neuesten Berichten keine Abnahme, sondern eine Zunahme der Bodenversauerung feststellten.

Tabelle 8.
Nährstoffverbrauch
je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche.

Jahr	Je Hektar wurden in kg verbraucht an				Verbrauch 1913/14 = 100 dann ergibt sich bei			
	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk
1913/14	6,2	18,7	16,5	120	100	100	100	100
1928/29	14,6	18,8	26,6	85	235	101	161	71
1929/30	14,1	18,6	26,4	99	227	99	161	82
1930/31	12,1	15,3	23,8	79	195	82	144	65
1931/32	11,0	13,3	19,0	69	183	80	115	57

Auf diesem volkswirtschaftlich so bedeutenden Gebiet muß also unbedingt in aller Kürze eine vollkommene Wandlung eintreten, wenn das große Werk unserer Regierung und damit die Rettung unseres gesamten Volkes gelingen soll. Denken wir nur an den neuen Fett- und Eiweißplan, nach welchem der Bauer durch den vermehrten Anbau eiweißhaltiger Futterpflanzen den gewaltigen Eiweißstrom aus dem Ausland zum Versiegen bringen soll. Aber gerade diese Pflanzen stellen besonders hohe Ansprüche an den Reaktionszustand des Bodens. Ihre Ertragssicherheit wird nur dann gewährleistet, wenn vor ihrem Anbau die Reaktionsverhältnisse der Böden untersucht werden.

Überzeugt davon, daß in Zukunft eine sachgemäße Düngerwirtschaft nur auf der sicheren Grundlage der Untersuchung des Bodens auf seine Reaktion möglich ist, suchten wir vor Jahren schon zur ganz planmäßigen Untersuchung der Böden zu gelangen. Trotz unserer Vorstellungen bei den früheren Regierungen konnten wir unsere Pläne nicht zur Durchführung bringen. Für diese Dinge waren damals keine hundert Mark zu erlangen. Unsere neue Regierung, wohl wissend, worum es geht, hat diesen unmöglichen Zuständen sofort ein Ende bereitet. Auf eine einmalige Vorstellung hin wurden unsere Vorschläge angenommen und die von uns angeregten planmäßigen Reaktionsuntersuchungen vorerst in die Arbeiten des großen hessischen Meliorationsarbeits- und Siedlungs-

programms eingeschaltet. Durch einen Achtjahresplan sollen nach diesem Programm in unserem Gebiet 105000 ha melioriert und bereinigt werden und etwa 10000 ha der Siedlung zugeführt werden.

Im hessischen Ried, in dem Gebiet zwischen Worms-Heidelberg und Frankfurt-Mainz setzten zuerst unsere bodenkundlichen Arbeiten ein. Ausgehend von der Erkenntnis, daß beste Ausnutzung der Düngung und damit auch Höchsterträge, sowie billigste und gesunde Ernten nur bei gesundem Kalkzustand des Bodens möglich sind, wird jedes Ackerstück, bevor es in Kultur genommen wird, auf seinen Reaktionszustand untersucht. Das hier vor einigen Monaten in Angriff genommene erste Gebiet umfaßt 48 Gemarkungen mit etwa 40000 ha. Bei der meist starken Parzellierung unseres Landes werden allein hier mindestens 250000 Untersuchungen auf Austauschsäure, hydrolytische Säure und p_H-Zahl notwendig.

Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, daß die verhältnismäßig geringen Arbeitskräfte unserer Anstalt nicht in der Lage gewesen wären, diese ungeheure Anzahl von Bodenproben zu nehmen und zu untersuchen. Eine etwa 50 Mann starke, besonders ausgesuchte Abteilung des freiwilligen Arbeitsdienstes wurde uns deshalb zu diesen Arbeiten zur Verfügung gestellt. Diese zum Teil aus Studierenden der Chemie, Land- und Forstwirtschaft bestehende Abteilung wurde gruppenweise zusammengefaßt und unter sachverständiger Leitung mit der planmäßigen Bodenprobenahme betraut. Etwa 10 Mann dieser Abteilung sind dauernd mit der Untersuchung der Böden auf ihren Kalkgehalt, sowie auf Austausch- und hydrolytische Acidität und mit der Feststellung der p_H-Zahl beschäftigt. Es ist selbstverständlich, daß die ganzen Arbeiten unter ständiger Kontrolle und Leitung unserer Versuchsstation durchgeführt werden. So werden von uns laufend aus den schon untersuchten Probebeständen Böden entnommen und nachuntersucht. Die Übereinstimmung war bisher so gut, daß Beanstandungen nicht notwendig wurden. In dem in der früheren Aufbauschule eingerichteten Bodenlaboratorium können durchschnittlich 150 Böden am Tag untersucht werden. Können diese Arbeiten mit der Probenahme nicht Schritt halten, dann unterbleibt diese auf einige Tage. Einen gewissen Ausgleich schafft jedoch hier die Natur, da bei stärkerem Regen die Probenahmearbeiten nicht möglich sind. Die betreffenden Arbeitsdienstwilligen werden sodann zu anderen Arbeiten herangezogen.

Zur leichteren Auswertung und um bleibende Werte zu schaffen, werden die Untersuchungsergebnisse kartenmäßig durch die Anfertigung von Reaktionskarten zur Darstellung gebracht. Sobald die Untersuchungen eines Gemarkungsteils abgeschlossen sind, gehen die Laboratoriumsbücher an die Darmstädter Versuchsstation. Hier wird zu jedem einzelnen Boden ein Vermerk in das Buch eingetragen, aus dem der Zeichner der Reaktionskarte unschwer ersehen kann, welche der 6 verschiedenen Farben (karmin, zinnober, orange, gelb, hellblau und dunkelblau) auf der Flurkarte zur Darstellung der festgestellten Reaktionsverhältnisse zu wählen sind. Auf dieser Karte sind wegen ihres großen Maßstabes alle Grundstücke leicht zu finden. Um eine vielseitige Kontrollmöglichkeit zu schaffen, wird auch die laufende Nummer der Bodenprobe, die nach der Flurkarte genommen wurde, in die Karte eingetragen. Auf diese Weise erhält man einen leichten Einblick in die Kalkbedürftigkeit der einzelnen Grundstücke, die häufig auf kürzeste Entfernung stark wechselt. Dies beweist, daß die Untersuchung von nur einigen Böden aus einer Gemarkung nichts Sicheres über den allgemeinen Kalkzustand der Äcker aussagen kann, sondern die planmäßige Untersuchung aller Ackerstücke.

Jede Karte wird doppelt angelegt, die eine Ausfertigung erhält die betreffende Gemeinde und die andere Ausfertigung das zuständige Landwirtschaftsamt als Wirtschaftsberatungsstelle. Der ratsuchende Bauer oder Siedler braucht dann nur auf der Bürgermeisterei zuerst auf der Gemarkungsübersichtskarte und dann auf den einzelnen Flurkarten (Gewannkarten) seine Ackerstücke zu suchen, um dann hieraus und aus besonders zu gebenden Erläuterungen zu erkennen, welche Formen der einzelnen Düngemittel er anwenden und welche Pflanzen (Fruchtfolge) er mit Aussicht auf besten Erfolg anbauen kann. Auch für den Wirtschaftsberater sind diese Karten von großem Wert. Ihm wird gelegentlich von Vorträgen und Einzelberatungen eine weit einwandfreiere und sichere Beratung als seither ermöglicht.

Die planmäßigen Reaktionsuntersuchungen, auf die geschilderte Weise in den Dienst des Bauern gestellt, können sich nach vielen Seiten hin segensreich auswirken. Werden sie in Zukunft überall zur Grundlage des Ackerbaues gemacht, dann wird es z. B. auch nicht mehr vorkommen — wie dies noch im Jahre 1932 im Westerwald geschah —, daß hoffnungsfreudige Siedler ehemaligen Waldboden in Kultur nehmen, die stark saure Reaktion ihrer Böden nicht kennend,

auf die bisher übliche Art in teilweise falscher Form düngen und alle ihre Hoffnungen schwinden sehen, wenn die eingesäte Frucht wegen der starken Versauerung des Bodens nicht auflaufen und wachsen kann. In dem angedeuteten Fall wurde das im Jahre 1932 gerodete Land parzellenweise auf 12 Jahre zum Preis von 96 RM. je Hektar verpachtet. Nach dem Mißerfolg der Roggenaussaat kamen 4 Bodenproben in unseren Besitz. Wir stellten folgende Reaktionsverhältnisse fest:

Tabelle 9.

Versauerung von Siedlungsland, das im Jahre 1932 in Nassau zu 24 RM. je Morgen verpachtet wurde.

Boden Nr.	Gesamt-Austauschsäure cm^3	Hydrolytische Säure cm^3	Der Boden war
1	23,45	56,0	sehr stark sauer
2	32,20	61,6	sehr stark sauer
3	32,90	51,6	sehr stark sauer
4	30,10	52,0	sehr stark sauer

Es ist in Ansehung der festgestellten Reaktionszahlen wohl nicht verwunderlich, daß das ganze Land statt mit Kulturpflanzen mit säureanzeigenden Unkräutern bedeckt war. Was hat in solchen und ähnlichen Fällen eine „Siedlerberatung" für einen Wert, wenn keine Bodenuntersuchungen vorliegen und man erst an sie denkt, wenn der Schaden angerichtet ist?

Bei uns sind nun durch die Maßnahmen der Regierung und unserer Landesbauernschaft derartige, geradezu himmelschreiende Dinge nicht mehr möglich, denn, bevor Land zu Siedlungszwecken in Aussicht genommen wird, haben Bodenuntersuchungen durch uns zu erfolgen. Dies geschah schon vor Monaten bei Waldböden im hessischen Ried, die in landwirtschaftliche und gärtnerische Kultur genommen werden sollten. Wie notwendig und für die spätere Bewirtschaftung ausschlaggebend auch hier die Reaktionsuntersuchungen waren, mögen die vorstehenden Beispiele beweisen.

Angesichts dieser Zahlen kann man sich wohl denken, daß hier mit großer Sicherheit mit ähnlichen Fehlschlägen zu rechnen gewesen wäre wie in Nassau und an anderen Stellen Deutschlands in früheren Jahren. Hier konnten wir abermals die Feststellung machen, daß durch die Waldbedeckung jegliche Zusammenhänge

zwischen geologischer Herkunft und Reaktionszustand des Bodens verwischt werden können. Obwohl die benachbarten, seit Menschengedenken in Ackerkultur stehenden Böden bis in den tieferen Untergrund kalkreich waren, konnte bei den Waldböden von gleicher geologischer Herkunft auch in 40 cm Tiefe kein Kalk mehr nachgewiesen werden, sondern nur hohe Säurezahlen. Auch hier hat also der Wald auf den einst kalkreichen Boden stark

Tabelle 10.

Untersuchungsergebnisse von Waldböden, die durch das Meliorationsarbeits- und Siedlungsprogramm im Ried in landwirtschaftliche Kultur genommen werden sollen.

Tiefe der Bodenentnahme	Jägersburger Wald						Bürstädter Wald an der Straße nach Lorsch								
	A. A. y_1	H. A. y_1	pH	A. A. y_1	H. A. y_1	pH	A. A. y_1	H. A. y_1	pH	A. A. y_1	H. A. y_1	pH	A. A. y_1	H. A. y_1	pH
0–20 cm	7,3	21,0	3,5	6,6	20,4	3,6	3,5	7,3	4,3	4,6	12,2	4,1	10,3	25,3	3,7
20–40 cm	5,2	18,1	3,7	4,0	10,4	3,9	10,8	23,2	3,8	4,5	9,0	4,0	9,0	17,1	3,6
40–60 cm	4,4	5,9	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

entkalkend gewirkt und zur Ausbildung eines podsolähnlichen Bodentyps geführt. Der hier absteigende Wasserstrom hat aus dem A-Horizont den Kalk und sonstige Basen, sowie einen großen Teil der Humusstoffe in den B-Horizont ausgewaschen und teilweise starke Verhärtungen hervorgerufen. Bei den benachbarten gleichen Bodenarten, die aber stets bei geringen Niederschlagsmengen in landwirtschaftlicher Kultur stehen, bewegt sich der Wasserstrom — auch durch die Grundwasserverhältnisse mitbedingt — in anderer Richtung als bei den erwähnten Waldböden. Der hier mehr aufsteigende Wasserstrom hat die Auswaschung des A-Horizontes verhindert und mehr zur Ausbildung eines Bodentyps geführt, der dem der Schwarzerde ähnelt.

Da nunmehr an vielen Stellen Deutschlands durch die Initiative der neuen Regierung ähnliche großzügige Siedlungspläne wie in Hessen-Nassau zur Durchführung gelangen, dürften die zuletzt erwähnten Untersuchungen in einem besonderen Licht erscheinen und beweisen, wie notwendig und volkswirtschaftlich wertvoll, ja grundlegend die Bestimmung der Bodenreaktion bei solchen Arbeiten ist. Bei der Größe von Hessen-Nassau und insbesondere bei der natürlichen Kalkarmut seiner Böden kann es nicht genügen, nur in Darmstadt und im hessischen Ried Bodenuntersuchungsstellen zu haben. Wir stehen daher vor der Einrichtung

von weiteren Untersuchungsstellen im Odenwald, Vogelsberg, Westerwald und Taunus, und zwar sollen die hierbei gewonnenen Untersuchungsergebnisse bei den sich anschließenden Arbeiten der Feldbereinigung und der Bodenbonitierung verwertet werden. Wir werden dann, so hoffe ich, auch in diesen Gegenden für den Bauern und Landwirt und damit auch für unser gesamtes Volk wertvolle Arbeit verrichten können.

Einfluß der Düngung auf die Weizenqualität.

Von Dr. C. PFAFF,
Landwirtschaftliche Versuchsstation Limburgerhof
der I.-G. Farbenindustrie A.-G.

Es ist dank den Bemühungen der landwirtschaftlichen Wissenschaft und Praxis, erstmalig in den beiden letzten Jahren, gelungen, die Selbstversorgung Deutschlands mit Weizen mengenmäßig sicherzustellen. Allein in Hinsicht auf die Qualität des Weizens in gewerblich-technischem Sinne sind wir vorläufig noch weiterhin auf die Einfuhr ausländischen Weizens angewiesen, um die Ansprüche der Verbraucherschaft befriedigen zu können. Aus nationalwirtschaftlichen Gründen steht deshalb die Landwirtschaft vor der weiteren Aufgabe, durch Steigerung der Qualität, insbesondere durch Züchtung und Anbau hochwertiger Sorten — denn nur dieser Weg erscheint erfolgversprechend — die Abhängigkeit Deutschlands vom Ausland zu verringern oder ganz zu beseitigen. Damit ist die Qualitätsfrage zurzeit in den Vordergrund des Interesses gerückt.

Nach der heute vorherrschenden Ansicht sind die Werteigenschaften des Weizenkornes überwiegend durch Erbanlage bedingt. Erst in zweiter Linie wird die Qualität durch Umweltfaktoren beeinflußt, unter denen Witterung, Klima und Standort den größten Ausschlag geben. Der Düngung wird auf Grund der gemachten Erfahrungen im allgemeinen geringere Bedeutung zugemessen. Häufig wird jedoch von Ernährungs- und Lebensreformern und anderen mystischen Gesellschaften, ja auch in Kreisen des Bäcker- und Müllergewerbes die Ansicht vertreten, die Düngung, insbesondere die mineralische Düngung, setze den Gebrauchswert des Weizens herab, wie er in der Mehlausbeute und Backfähigkeit zum Ausdruck kommt. Diese Behauptungen werden aufgestellt, ohne daß exakte grundlegende Beobachtungen als Beweis dafür vorhanden sind. Die Frage nach dem Einfluß der Düngung, deren nur teilweise, von diesen Kreisen geforderte Einschränkung die eben erreichte Selbstversorgung Deutschlands mit Weizen wieder zunichte machen würde, ist volkswirtschaftlich betrachtet von größter Wichtigkeit. Es ist deshalb ver-

ständlich, wenn sie gerade in den letzten Jahren häufiger Gegenstand von Untersuchungen geworden ist, um so mehr, als das vorhandene Material von früheren Jahren nur spärlich war.

Überblickt man nun die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen, so kommt man im großen und ganzen zu folgendem Bild:

Die Kernnährstoffe Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk sind unentbehrlich zur Ausbildung eines gesunden vollen Kornes, wie sich am sinnfälligsten an Topfversuchen auf nährstofffreiem Glassand durch variierte Düngung nachweisen läßt. Nicht mit der gleichen Eindeutigkeit wirken sich die einzelnen Düngernährstoffe auf dem Felde in der Praxis aus. Hier ist der Einfluß der Düngung bedingt durch die in wechselnden Mengen und Mengenverhältnissen vorhandenen Bodennährstoffe und wird schließlich weitgehend von allen Faktoren abhängen, die zusammengenommen die Entwicklung und Ausbildung der Pflanzen bestimmen. Insbesondere spielt die Witterung — Menge und zeitliche Verteilung der Niederschläge, Temperatur, Sonnenscheindauer — dabei eine große Rolle. Richtet sich nach ihr doch der Aufbau der Pflanze, ihr Nährstoffbedarf, ihre Nährstoffaufnahme, Assimilationstätigkeit und endlich ihre Ausreifung. Indes wird ohne Zweifel, besonders was die mineralische Zusammensetzung betrifft, das Stroh mehr als das Korn hiervon berührt, weil die Natur in erster Linie auf die Erhaltung der Art und somit auf die Entwicklung gesunden Samens zur Fortpflanzung bedacht ist. So kann es nicht wundernehmen, wenn in vielen Fällen der Praxis ein Einfluß der Düngung gegenüber Ungedüngt völlig ausbleibt oder durch andere Faktoren verdeckt, oder weil selbst gering, durch die unvermeidlichen natürlichen Schwankungen, die dem Feldversuch und insbesondere dem Backversuch anhaften, verwischt wird. In einem aber stimmen alle Versuchsansteller mit ihrem Urteil überein, daß eine sachgemäße mineralische Volldüngung den Mehl- und Backwert des Weizens trotz wesentlicher Erhöhung des Ernteertrages nicht nachteilig beeinflußt. Hier sind die Arbeiten von *Neumann, Scharnagel, Nolte, Schnelle, Schneidewind* und anderen, auch ausländischen Forschern zu nennen. Andererseits gehen die

Beobachtungen der Genannten dahin, daß „übersteigerte Düngung, einseitige Häufung einzelner Nährstoffe und unausgeglichene Volldüngung gewisse störende Wirkungen" hervorrufen können. Damit wird jedoch nur die altbekannte Tatsache der Unzweckmäßigkeit und Schädlichkeit übersteigerter und einseitiger Ernährung des menschlichen und tierischen Organismus auch für die Pflanze als geltend festgestellt, was niemand überraschen sollte, allein den Kreisen, die mit der Anwendung mineralischer Düngung eine Herabsetzung der Qualität des Weizens verbunden glauben, Anlaß gibt, jede mineralische Düngung abzulehnen und um so stärker ihre Propagandatätigkeit „für Nahrungs- und Lebensreform" aufzunehmen, Unsicherheit in die Gewerbe und Verbraucherschaft zu bringen und selbst dabei Geschäfte zweifelhafter Art zu machen.

In dem allgemeinen Bestreben, die Frage des Düngungseinflusses auf die Weizenqualität zu klären, wurden auch von der Versuchsstation Limburgerhof in den letzten Jahren Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, die als ein vorläufiger Beitrag gewertet sein mögen und über deren Ergebnis hier in einer kurzen Zusammenfassung berichtet werden soll.

Insgesamt wurden 19 einzelne Feldversuche bearbeitet, darunter einige von mehrjährigen Dauerversuchen. Sie verteilten sich auf die Gebiete Pfalz, Baden, Bayern, Hessen, Thüringen und Schlesien und auf verschiedene Sorten, vorwiegend Ertragssorten, weil die Versuche ursprünglich nur die Ermittlung der Düngerwirkung auf den Ertrag zum Ziel hatten[1]). Daneben wurden einige ausgesprochene Qualitätssorten wie Janetzkis früher Sommerweizen und Hohenheimer Sommerweizen untersucht. Bei der Bildung unseres Gesamturteils über den Düngungseinfluß auf die Qualität sind alle Versuche gleichmäßig berücksichtigt worden. Für die hier im folgenden gezeigte tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse wurden jedoch möglichst solche Versuche gewählt, die hinsichtlich des Düngungsschemas (0, Mangeldüngung und zwei ge-

[1]) Mauerner Dickkopf W-Weizen, Dornburger W-Weizen, Strubes Dickkopf W-Weizen, Karsten V W-Weizen, Hauter W-Weizen, Strubes roter Schlanstedter S-Weizen, Franks Strassenheimer S-Weizen, Adlungs Alemannen S-Weizen.

steigerte Volldüngergaben) vollständig waren und zur Bildung des Mittels verwendet werden konnten. Gegen die Mittlung der Ergebnisse von verschiedenen Böden, Sorten und zum Teil auch Düngergaben mögen Bedenken zu erheben sein, allein einmal verbietet sich hier die Darstellung der zahlreichen einzelnen Ergebnisse, zum andern gibt gerade das Gesamtmittel Auskunft über die gestellte Frage, nämlich über den Düngungseinfluß, wie er sich in der Praxis im großen Durchschnitt zeigt. Wesentliche Abweichungen in einzelnen Fällen werden außerdem besonders erwähnt werden.

An Qualitätsmerkmalen wurden Größe und Schwere des Kornes, ferner der Gehalt an Asche, Eiweiß und Schalen, Kleberqualität, Zuckerbildungsvermögen und endlich als Summe der einzelnen Faktoren die Backzahl bestimmt. Die angeführten Wertbegriffe wurden jedoch nicht bei allen Versuchen festgestellt, teils aus Mangel an Material oder aus anderen technischen Gründen, teils infolge nachträglicher Erweiterung der Untersuchungsmethodik, wenn aus gewonnenen Erkenntnissen neue Fragen auftauchten. Es muß hier zugegeben werden, daß es ein allgemein befriedigendes Bewertungsschema für Qualität — selbst ein sehr weit gefaßter Begriff — bisher nicht gibt, um so notwendiger erscheint die Anwendung möglichst vieler Untersuchungsverfahren. Von einer Fehlerberechnung ist abgesehen. Die Anzahl der zur Mittelbildung benutzten Versuche bürgt für eine gewisse Sicherheit, wobei zu betonen ist, daß in manchen Fällen zur Mittelbildung herangezogene Einzelwerte schon ihrerseits Mittelwerte von mehreren einzelnen Bestimmungen darstellen, soweit sie aus Vergleichsversuchen mit verschiedenen Stickstoffdüngemitteln stammen. Die Feldversuche wurden mit sechsfacher Wiederholung durchgeführt. Von den 6 Vergleichsparzellen wurden bei der Ernte Proben gezogen und zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Eine Unterteilung der N-Dünger in NH_3- und NO_3-Gruppen ist, soweit möglich, vorgenommen, um auch den verschiedenen Einfluß der Düngerformen erkennen zu lassen. Die Höhe der Düngergaben betrug

für Stickstoff	30—60	kg/ha
„ Kali	40—80	„
„ Phosphorsäure	30—60	„

Es wurden für die Zusammenstellung 2 Volldüngungsgruppen gebildet:

KPN 1 mit durchschnittlich 31 kg N und
KPN 2 „ „ 51 „ „.

Bei der höheren KPN-Gabe wurden in den meisten Fällen außer Stickstoff auch Kali und Phosphorsäure gesteigert. In einem Sonderversuch (Tab. 5 und 7) kamen steigende Volldüngungsgaben zur Anwendung mit 30—150 kg N/ha. Das jeweilige Kali- und Phosphorsäure-Bedürfnis der Böden fand Berücksichtigung im Verhältnis der Düngenährstoffe zueinander.

Tabelle 1.

O	KP	KN	PN	KPN				
				1		2		
				NH_3	NO_3	NH_3	NO_3	
Gleichmäßigkeit, %								
81	82	81	80	82	82	82	82	D 9*)
Hektolitergewicht, kg (Tr.S.)								
72,7	73,2	73,1	72,6	73,5	73,6	73,6	73,6	D 10
Tausendkorngewicht, g (Tr.S.)								
34,7	35,5	35,5	34,5	36,1	35,5	35,3	34,7	D 10
Schalengehalt, % (Tr.S.)								
16,4	15,9	15,7	16,2	15,4	15,3	15,5	15,7	D 4

*) D... = Durchschnitt von ... Versuchen.

In der Tabelle 1 wird der Einfluß der Düngung auf die Größe und Schwere des Kornes und auf den Schalengehalt gezeigt.

Wichtig für die müllerische Verarbeitungsfähigkeit ist die Gleichmäßigkeit. Je gleichmäßiger die Größe der Körner ist, um so bequemer stellt sich die Mahlarbeit und um so größer im allgemeinen auch die Mahlausbeute. Die Gleichmäßigkeit ergibt sich aus der Summe der Sortierung I + II oder II + III, je nach dem Höchstbetrage. Innerhalb eines Versuchs wurden selbstverständlich die gleichen Summanden beibehalten. In manchen Versuchen verschob z. B. die Düngung den Höchstbetrag von I + II auf II + III oder umgekehrt. Hier entschied dann die Mehrzahl der

Einzelproben für die Wahl von I + II bzw. II + III. Im Durchschnitt erwiesen sich Volldüngung und KP-Grunddüngung gegenüber Ungedüngt, KN und PN etwas überlegen. Im einzelnen waren die Ausschläge „nach oben und unten“ bisweilen höher. Deutlich zeigte sich fast immer der günstige Einfluß von Kali und Phosphorsäure auf die Gleichmäßigkeit.

Das Hektolitergewicht ist zwar das gebräuchlichste Handelsmerkmal, steht aber nach neueren Anschauungen nicht in dem engen Zusammenhang mit Mehlergiebigkeit und Backfähigkeit, wie allgemein angenommen wird, und gibt deshalb nur in weiten Grenzen einen Anhaltspunkt für die Gesamtbeschaffenheit des Kornes. Es wurde, um alle Werte auf vergleichbare Basis unabhängig vom Wassergehalt zu bringen, nach dem Vorschlag von *Kleinau*[2]) auf Trockensubstanz (Tr. S.) umgerechnet. Im Durchschnitt, durchaus in Parallele zur Gleichmäßigkeit, beeinflußte Volldüngung gegenüber Ungedüngt das Hektolitergewicht günstig, während Mangeldüngung im Wert zurückblieb. Insgesamt war bei allen Versuchen die Verschiebung des Hektolitergewichts durch die Düngung z. B. im Verhältnis zur Gleichmäßigkeit, außerordentlich gering. Weit größer waren die jährlichen durch Witterung bedingten Unterschiede.

Stärker wirkte sich die Düngung in einzelnen Fällen wieder beim Tausendkorngewicht aus. Volldüngung erhöhte gegenüber Ungedüngt, die niedere Gabe jedoch stärker als die hohe, und Ammoniakdünger mehr als Salpeterdünger. Kalimangel verhinderte auf den PN-Parzellen die volle Ausbildung des Kornes.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes bei einigen Versuchen zeigte übereinstimmend den fördernden Einfluß steigender Düngergaben auf dieses Wertmerkmal. Mangeldüngung setzte das spezifische Gewicht herab.

Der Schalengehalt, im umgekehrten Sinne Ausdruck für die Mehlergiebigkeit, war eindeutig in allen 4 Versuchen am höchsten bei Ungedüngt. Volldüngung erhöhte die Feinschaligkeit bzw. den Mehlgehalt mehr als Mangeldüngung. Die Bestimmung erfolgte durch Auswaschen des Endosperms nach 48stündiger Quellung des Kornes in $^{n}/_{50}$ Milchsäure bei 45° und durch Lösung der

---

[2]) Wiss. Arch. Landwirtsch. Abt. A. Arch. Pflanzenbau **5** [1930/31].

nicht fortgeschwemmten Kleberteilchen in $^{n}/_{50}$ Milchsäure[3]).

Tabelle 2.

O	KP	KN	PN	KPN 1		KPN 2		
				NH_3	NO_3	NH_3	NO_3	
Aschengehalt, % (Tr.S.)								
2,14	2,14	2,10	2,11	2,11	2,12	2,14	2,12	D 4
Proteingehalt, % (N × 5,7) (Tr.S.)								
10,7	10,9	10,8	10,8	10,9	11,0	11,3	11,7	D 10
Zuckergehalt, % nach Invertierung (Tr.S.)								
3,32	3,13	3,34	3,66	3,20		3,21		D 2

Unerwünscht ist ein hoher Aschengehalt des Kornes (Tabelle 2). Wie zu erwarten war, senkt zusätzliche N-Düngung infolge starker Ertragssteigerung den Aschengehalt sowohl bei Mangeldüngung wie bei Volldüngung. Erheblich sind die Differenzen jedoch in keinem Fall. Vielmehr zeigte der Aschengehalt eine bemerkenswerte Konstanz, auch bei starker Düngung.

Ohne deutlichen Einfluß blieb die Düngung auf das Zuckerbildungsvermögen im Korn, soweit die wenigen Versuche einen Schluß zulassen. *Schnelle*[4]) schreibt der Phosphorsäure eine fördernde Wirkung auf die Gärfähigkeit zu. Der hohe Zuckerwert bei PN dürfte vielleicht ebenfalls darauf hinweisen.

Dem Proteingehalt bzw. Klebergehalt kommt insofern entscheidende Bedeutung für die Backfähigkeit zu, als der Kleber das Gashaltevermögen weitgehend bestimmt. Wohl gilt die enge Beziehung zwischen Protein und Backfähigkeit, wie sie unter dem kontinentalen Klima Rußlands oder Kanadas besteht, unter den deutschen klimatischen Verhältnissen mit maritimem Einschlag nicht in vollem Umfang. Allein eine Steigerung des Proteingehaltes durch Düngung kann nur erwünscht sein, solange die Qualität nicht dadurch in Mitleidenschaft gezogen wird. Diese Frage wird späterhin erörtert werden. Der Einfluß der N-Düngung auf den Proteingehalt zeigt sich von zahl-

[3]) Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Pflanzenzucht 8, 66 [1931].

[4]) Wiss. Arch. Landwirtsch. Abt. A. Arch. Pflanzenbau **4** [1930].

reichen Faktoren abhängig, so vom N-Bedürfnis des Bodens oder von der Höhe der N-Gabe: Niedere N-Gaben erhöhten nur schwach oder blieben ohne Einfluß oder senkten sogar den Proteingehalt bei starker Ertragssteigerung, höhere N-Gaben wirkten fast ausschließlich erhöhend, und zwar in Salpeterform mehr als in Ammoniakform. In trockenen Jahren zeitigte N-Düngung im allgemeinen höheren Proteingehalt als in niederschlagsreichen Jahren, wobei die zeitliche Verteilung der Niederschläge eine große Rolle spielt. Auch Sorteneigentümlichkeit machte sich geltend, insgesamt waren die Jahres- und Sortenunterschiede im Proteingehalt größer als die durch N-Düngung erzielten Differenzen.

Tabelle 3.

O	KP	KN	PN	KPN				
				1		2		
				NH_3	NO_3	NH_3	NO_3	
Protein (Korn): Trockenkleber (Korn) = 1:								
0,76	0,79	0,77	0,78	0,80	0,79	0,79	0,80	D 4
Protein (Mehl): Trockenkleber (Mehl) = 1:								
0,80	0,83	0,81	0,79	0,80	0,81	0,82	0,80	D 3
Protein (Korn): Protein (Mehl) = 1:								
0,84	0,85	0,86	0,83	0,86	0,88	0,84	0,87	D 3

Von Bedeutung ist die Frage, ob mit dem durch N-Düngung unter Umständen erzielten höheren Proteingehalt der Klebergehalt parallel geht. Bisweilen findet man in Bäcker- und Müllerkreisen die Ansicht vertreten, daß N-Düngung die Bildung von zerfließlichem wasserlöslichem Eiweiß begünstige. Wir konnten diese Behauptung jedoch in keinem einzigen Fall bestätigt finden, wie das Verhältnis zwischen Protein und Kleber in der Tabelle 3 zeigen mag. Es blieb dieses vielmehr gleich, sowohl im Korn wie im Mehl (60%). Die vorhandenen Differenzen, bedingt durch die Schwankungen der Kleberwerte, liegen innerhalb der Fehlergrenzen und lassen jedenfalls keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Die Düngung hatte auch keinen Einfluß auf das Maß der Abhängigkeit der Klebermenge von der Zeitspanne zwischen Herrichten des Teiges und Auswaschen des Klebers. Bisweilen wurde

eine Zunahme der Hydratisierung des Feuchtklebers und ein erhöhtes Adsorptionsvermögen für Schalenteile mit steigender N-Düngung und steigendem Klebergehalt festgestellt.

Endlich ließ sich eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen Protein im Korn und Protein im 60%igen Mehl nicht nachweisen. Daraus ist zu schließen, daß das Korn und das daraus gezogene 60%ige Mehl in gleichem Maße Anteil haben an der N-Zunahme.

Man ist seit langem bestrebt, den Begriff Kleberqualität zahlenmäßig zu erfassen, und hat mancherlei Wege und Methoden hierfür vorgeschlagen. Größere Bedeutung gewannen unter diesen in den letzten Jahren die Methoden von *Berliner* und *Pelshenke*. Sie haben ihre Brauchbarkeit für die Praxis zur Klassifizierung der Sorten bewiesen und sich insbesondere wertvoll für züchterische Arbeiten gezeigt, gestatten sie doch auf einfachstem Wege in kleinen Schrotproben ohne umständliche Mehlbereitung eine Wertbestimmung des Klebers.

Mit der sogenannten Testzahl nach Pelshenke wird das Gashaltungsvermögen ermittelt, welches in erster Linie abhängig ist von der Kleberqualität und -quantität. Die Testzahl gibt in Minuten an, wie lange Zeit eine Teigkugel den Gärgasen Widerstand bis zum Platzen leistet. Die spezifische Eiweißqualität ergibt sich aus der Umrechnung der Testzahl auf 1 g Eiweiß. Tabelle 4 läßt erkennen, daß Volldüngung im Durchschnitt von 5 Versuchen die höchste Testzahl und die höchste spezifische Eiweißqualität erzielt hat. Die Unterschiede sind jedoch, in Übereinstimmung mit Befunden von *Pelshenke*, nicht erheblich. Der Sortencharakter bleibt gewahrt.

Tabelle 4.

O	KP	KN	PN	KPN				
				1		2		
				NH_3	NO_3	NH_3	NO_3	
Testzahl nach *Pelshenke*								
25	26	26	23	28	27	28	29	D 5
Spezifische Eiweißqualität $= \frac{\text{Testzahl}}{\text{Protein}}$								
2,7	2,8	2,8	2,6	3,0	2,9	3,0	3,0	D 5

Mit der Quellzahl nach *Berliner*[5]) (Tabelle 5) wird das Quellvermögen des Klebers in verdünnten Säuren bestimmt. Eine Ergänzung dazu stellt die Abstehprobe dar. Sie bezeichnet den Gesundheitszustand des Klebers hinsichtlich Festigkeit und Elastizität nach 15stündigem Stehen unter Wasser.

Tabelle 5.

	O	KP	KPN 1	KPN 2	KPN 3	KPN 4	KPN 5	
			Quellzahl nach *Berliner*					
Ertragssorten...	9,5	8,1	8,4	8,3	—	—	—	D 5
Qualitätssorten.	21,5	19,0	22,3	20,0	20,3	20,0	22,0	D 2
			Abstehprobe nach *Berliner*					
Ertragssorten...	3,8	3,2	3,9	4,3	—	—	—	D 5
Qualitätssorten.	4,7	4,7	4,9	4,9	5,0	4,9	4,9	D 2

Der Einfluß der Düngung auf die Quellzahl von qualitativ weniger wertvollen Sorten ist nicht einheitlich. Geringen Erhöhungen in einem Jahr standen bei gleicher Sorte und gleichem Versuchsfeld geringe Depressionen im andern Jahr gegenüber. Im Gesamtdurchschnitt trat eine schwache Herabsetzung der Quellzahl gegenüber Ungedüngt ein, die jedoch an der Klassifizierung des Weizens nichts ändern dürfte. Beachtung verdient die Konstanz der Quellzahl von den beiden Qualitätssorten Janetzki und Hohenheimer Sommerweizen, auch bei stärkster Düngung von 30—150 kg N/ha. Phosphorsäure und Kali erfuhren eine entsprechende Steigerung im Verhältnis von $1:1:1,25 = N:P_2O_5:K_2O$. Dabei war der Proteingehalt dieser Sorten von 13 % bei Ungedüngt auf 17 % bei $(KPN)_5$ gestiegen. Die vielfach vertretene Auffassung, daß Erhöhung des Klebergehalts eine Herabsetzung der Quellzahl nach sich zieht, dürfte demnach in dieser allgemeinen Form nicht zutreffen. Vielmehr scheint der Einfluß der Düngung auf die Quellzahl ganz von der Sorte abhängig zu sein.

Übereinstimmend günstig wurde der Gesundheitszustand des Klebers, wie er in der Abstehprobe zum Ausdruck kommt, von der Volldüngung beeinflußt, sowohl bei schwachem wie starkem Klebermaterial. Ungedüngt und N-freie Mangeldüngung lieferten in jedem Fall niedere Werte.

[5]) Die Bestimmungen wurden vom Institut f. Getreidechemie, Darmstadt, durchgeführt.

Hier mögen noch einige Versuche kleineren Umfangs Erwähnung finden, aus denen hervorgeht, daß die proteolytische Kraft von Mehlen verschieden gedüngten Weizens die gleiche war und daß der Säuregrad (in p_H) einer geringen Verschiebung nach der sauren Seite bei gleichzeitiger Erhöhung der Pufferungsfähigkeit unterworfen war. Die Beobachtungen bedürfen jedoch noch der Bestätigung durch weitere Untersuchungen, um Schlußfolgerungen daraus ziehen zu können.

Tabelle 6.

	O	KP	KN	PN	KPN 1 NH_3	KPN 1 NO_3	KPN 2 NH_3	KPN 2 NO_3	
	Backzahl nach *Neumann*								
Strubes roter Schlanst. S.-W.	—	84	—	—	88	82	81	60	D 2
Franks Strassenheimer S.-W.	17	15	25	17	28	30	26	27	D 3

Wenn sich in unseren unter normalen praktischen Verhältnissen angelegten Versuchen der Einfluß der Düngung auf die einzelnen Faktoren der Backfähigkeit insgesamt nur schwach zu erkennen gab und hinter Witterungs- und Sorteneinflüssen völlig zurücktrat, so überrascht es nicht, wenn auch die Backversuche[6]) ein ähnliches Bild lieferten (Tabelle 6 und 7).

Tabelle 7.

	O	KP	KPN 1	KPN 2	KPN 3	KPN 4	KPN 5
	Backzahl nach *Neumann*						
Janetzkis früher S.-Weizen	97	96	94	93	95	92	95
Hohenheimer S.-Weizen	107	107	108	86	97	106	95
Adlungs Alemannen S.-Weizen	72	87	80	81	84	91	115

Unter Berücksichtigung der den Backzahlen anhaftenden Schwankungen kommt man wie bei den einzelnen Fak-

[6]) Nach *Neumann*, durchgeführt vom Institut für Bäckerei Berlin.

toren zu dem Ergebnis, daß eine sachgemäße Volldüngung die Backfähigkeit gegenüber Ungedüngt günstig beeinflußt, während Mangeldüngung die Qualität beeinträchtigen kann. Beachtenswert ist auch hier wieder bei den Qualitätssorten die Unveränderlichkeit der Backzahl trotz stärkster Düngung bis 150 kg N/ha. Dabei war es gleichgültig, ob die bei so hohen in der Praxis nicht üblichen Düngermengen zu erwartende Ertragsdepression schon bei niederen Düngergaben auftrat, wie bei den ertragsschwächeren Sorten Janetzki und Hohenheim, oder sich erst mit höheren Gaben, wie bei dem ertragsreichen Adlungs Alemannen-Sommerweizen, einstellte.

Wir glauben aus diesen Versuchen, die ihre Fortsetzung und Ausdehnung auf Winterweizen in diesem Jahr finden, schließen zu können, daß insbesondere qualitativ hochwertige Sorten in ihren guten Eigenschaften beständig und gegen äußere Einflüsse widerstandsfähig sind. Um so bedeutungsvoller erscheint das derzeitige Bestreben der Weizenzüchter, durch Züchtung und Anbau besserer Sorten die Qualität des deutschen Weizens zu heben und zum Nutzen unseres Vaterlandes die Abhängigkeit vom Ausland zu beseitigen.

Vergleichende Untersuchung der physiologischen Wirkungen fortgesetzten Genusses von Nahrungsmitteln, die mit und ohne Handelsdünger gezogen sind.[1])

Von Prof. Dr. A. SCHEUNERT,
Leipzig.

Die Mangeljahre, die unser Volk während des Krieges und in der Nachkriegszeit durchlebt hat, haben die Notwendigkeit einer vollwertigen und richtigen Ernährung deutlich und eindringlich jedem einzelnen vor Augen geführt. Dadurch ist sehr erfreulicherweise das Interesse der Bevölkerung an Ernährungsfragen in großem Ausmaße geweckt worden und damit auch eine umfangreiche, aufklärende und belehrende Ernährungsliteratur entstanden. Diese hat zweifellos Nutzen gestiftet, insbesondere soweit sie dazu beigetragen hat, Gemüse, Obst, Milch, Schwarzbrot mehr als es vielfach üblich war, zu verwenden und die Kost überhaupt abwechslungsreich und vielseitig zu gestalten. Leider ist aber auch durch Verbreitung direkt irriger Anschauungen und unbewiesener Behauptungen oft eine recht große Beunruhigung weiter Kreise verursacht worden.

Hierzu gehört auch die immer wieder auftauchende Behauptung, daß die Verwendung von sog. künstlichem Dünger nicht nur die Qualität der pflanzlichen Nahrungsmittel verschlechtere, sondern ihnen auch schädliche Eigenschaften verleihe. Magen-Darm-Erkrankungen, Stoffwechselstörungen, nervöse Erscheinungen u. a. m., z. B. Krebs sollen als Folgeerscheinungen des fortgesetzten Genusses so gedüngter Vegetabilien auftreten. Sucht man nach Beweisen für diese Behauptungen, so findet man allerdings nichts, und in der Tat dürfte es sehr schwer, wenn nicht unmöglich sein, wirkliche Beweise hierfür zu erbringen.

[1]) Ausführlichere Fassung in Biochem. Z. 274, 372—396 [1934].

Mit Hilfe der chemischen Untersuchung der Nahrungsmittel und noch weniger mit Hilfe theoretischer Erörterungen über die Wirkungen oft noch recht hypothetischer Bestandteile kann man zu keiner Klarheit in diesen Fragen kommen.

Ein wirklicher Beweis für die Schädlichkeit oder Nichtschädlichkeit könnte nur durch den Ernährungsversuch selbst erbracht werden. Dazu müßte eine größere Gruppe von Menschen teils mit künstlich gedüngten, teils mit nicht auf diese Weise gedüngten Nahrungsmitteln über sehr lange Zeitperioden ernährt und in ihrem Gesundheitszustand beobachtet werden. Ein solcher Versuch ist wohl theoretisch denkbar, aber praktisch wegen ungeheurer Schwierigkeiten kaum möglich. Eine völlig befriedigende experimentelle Lösung ist also ausgeschlossen. Da man aber doch einmal zu einer Klärung kommen muß, bleibt nur der Tierversuch übrig.

Hierzu bietet der langdauernde Fütterungsversuch an kleinen, schnell wachsenden und rasch lebenden Versuchstieren, wie ihn die neuzeitliche Ernährungsforschung entwickelt hat, die experimentell am besten gesicherte Grundlage. Das in Hunderttausenden von Versuchen erprobte Versuchstier ist die zahme Ratte, deren Wildform als omnivorer Nager seit vorgeschichtlichen Zeiten im Lebensraum der Menschen lebt und als Nutznießer und Schmarotzer der menschlichen Lebenshaltung sich auch an seine Nahrung angepaßt hat. Die Ratte kann also mit derselben Kost wie der Mensch ernährt werden, und dank großer experimenteller Erfahrung vermögen wir auch die Ansprüche, die diese Tiere an die Nahrung stellen, so gut wie bei keinem anderen zu überblicken. Als besonderer Vorteil ist ferner zu werten, daß der Lebenszyklus der Ratte auf einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren zusammengedrängt ist, daß die Tiere schon sehr frühzeitig fortpflanzungsfähig werden und dann in kurzen Zwischenräumen große Würfe von Jungen zu erzeugen vermögen, so daß, ohne die Muttertiere zu überanstrengen, drei bis vier Würfe in einem Jahr erzielt werden können. Man ist also in der Lage, einen Fütterungsversuch über die ganze Lebensdauer

einer Gruppe dieser Tiere durchzuführen und ihn über zahlreiche Generationen auszudehnen. Dies waren die Erwägungen, die mich veranlaßten, das zur Diskussion stehende Problem einer Klärung durch den Fütterungsversuch zuzuführen. Die Durchführung der Versuche wurde durch die Unterstützung der wissenschaftlichen Abteilungen des Stickstoff- und Kalisyndikates ermöglicht.

Die Versuchstiere entstammten der Zucht meines Instituts. Sie wurden aus Würfen entnommen, die zwischen Ende Dezember 1931 und Anfang Januar 1932 erhalten und von ihren Müttern bis Ende Januar gesäugt worden waren.

Für jede der beiden zu bildenden Fütterungsgruppen wurden am 3. Februar 1932 je neun weibliche und sechs männliche Jungtiere, die einander im Gewicht entsprachen, ausgewählt. Das Durchschnittsgewicht der Weibchen betrug in beiden Gruppen 48,2 g, das der Männchen 49,4 und 49,7 g. Die Tiere wurden durchweg in Einzelkäfigen auf Sägespänen gehalten. Am 10. März wurden zu jeder Gruppe noch je drei weibliche Tiere gleichen Alters und passenden Gewichtes zugefügt.

Diese beiden Gruppen von je 12 Weibchen und 6 Männchen bildeten die erste Generation des Versuches, der von ihnen seinen Ausgang nimmt und sich über fast 2½ Jahre erstreckte. Die eine von jetzt ab mit V bezeichnete Gruppe sollte nur mit solchen Nahrungsmitteln gefüttert werden, die reichlich mit Handelsdünger, also den gebräuchlichen Stickstoff- und Kalidüngemitteln gedüngt worden waren. Die andere von jetzt ab mit U bezeichnete Gruppe hingegen sollte ausschließlich Nahrungsmittel erhalten, die von ungedüngtem oder nur mit natürlichem Dünger versehenen Boden stammten.

Die Versuchsnahrung mußte der menschlichen Kost entsprechen. Deshalb wurden gemischte Kostsätze, die aus Getreide, Gemüse, Fleisch und Milch zusammengesetzt wurden, verwendet.

Von Getreide kamen Weizen, Roggen, Hafer und Gerste zur Verwendung. Die mit Kunstdünger gezogenen Sorten wurden von Versuchsgütern (Dikopshof) oder von Betrieben bezogen, die nachweislich schon mehrere Jahre starke Gaben von Kalisalzen, Leunasalpeter,

Thomasmehl, Kalkstickstoff und dergleichen verwendeten.

Die ohne Kunstdünger gezogenen Getreidemengen wurden entweder von Gütern besorgt, die solchen Handelsdünger nicht verwenden (z. B. mit biologisch-dynamischer Wirtschaftsweise), oder stammten aus Versuchsparzellen, welche ebenfalls künstliche Düngemittel nicht erhalten hatten. Insgesamt wurden im Laufe des Versuches für jede Gruppe je 825 kg Getreide verfüttert.

Die Gemüse, die je nach der Jahreszeit wechselten, wurden uns durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn Geheimrat *Remy*, Bonn, von dessen Versuchswirtschaft Marhof geliefert und entstammten den dortigen Versuchsparzellen und Düngungsversuchen. Es konnte somit jeweils das gleiche Material mit und ohne Kunstdünger erhalten werden.

Insgesamt wurden für jede Gruppe verabreicht:

Salat etwa 145 kg,	Erbsen etwa 17 kg,
Spinat etwa 240 kg,	Möhren etwa 64 kg,
Weißkohl etwa 200 kg,	Sellerie etwa 250 Stück,
Wirsing etwa 90 kg,	Tomaten etwa 125 kg,
Bohnen etwa 125 kg,	Kartoffeln etwa 1675 kg.

Die nicht lagerbaren Gemüse wurden sogleich haushaltsüblich gekocht, in Gläser eingefüllt, diese evakuiert und dann bei —8° bis zur Verwendung eingefroren und aufbewahrt.

Auch das Fleisch mußte dem Versuchsplan entsprechend von Tieren stammen, die für die V-Gruppe unter Verwendung von Futtermitteln, die mit Handelsdünger gedüngt worden waren, großgezogen und ernährt worden waren. Entsprechend mußten die Tiere für die U-Gruppe ohne solche gehalten worden sein. Durch die freundliche Vermittlung der Versuchsanstalt Limburger Hof bei Ludwigshafen wurden für jede Gruppe zwei Rinder im Gesamtgewicht von etwa 620 kg geliefert.

Die Milch endlich mußte in ganz gleicher Weise von entsprechenden Tieren stammen. Aus einer entsprechenden Menge Milch wurden von der Zentralmolkerei Schwerin je 150 kg Milchpulver geliefert.

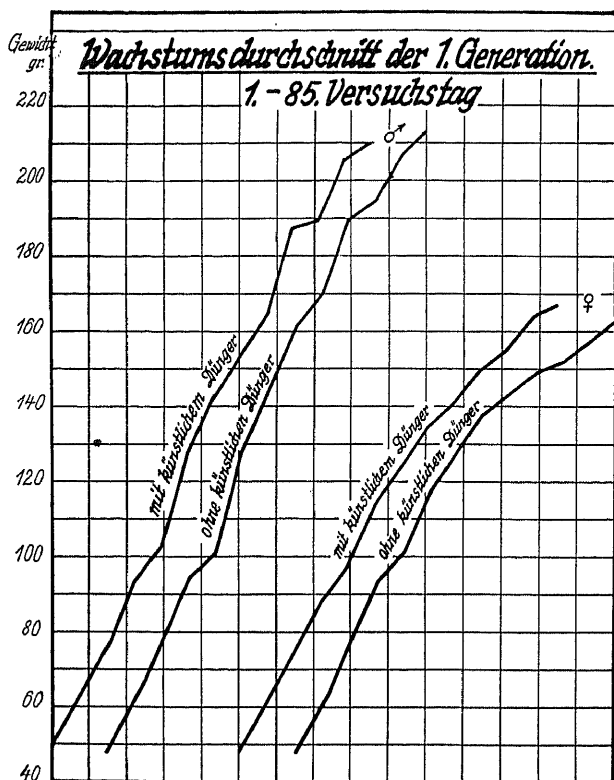
Insgesamt wurden somit während der ganzen Versuchsdauer für beide Gruppen zusammen etwa 8750 kg frische Nahrungsmittel verbraucht.

Mit Ausnahme von Salat und Tomaten, die gelegentlich frisch verfüttert wurden, wurde alle Nahrung in gekochter Form verabreicht, wobei entsprechend den Kochregeln etwas Kochsalz verwendet wurde. Andere Zugaben oder Nahrungsmittel erhielten die Tiere nicht. Die Nahrungsgemische änderten sich je nach den vorhandenen Nahrungsmitteln; sie mußten auch deshalb geändert werden, weil wir eine abwechslungsreiche Fütterung anstrebten. Im übrigen waren sie selbstverständlich für beide Gruppen mengenmäßig und auch qualitativ gleich zusammengesetzt. Die Analysenergebnisse der Nahrungsmittel, die fast sämtlich analysiert wurden, zeigten auch, daß keine außerhalb des üblichen liegenden Schwankungen in der Zusammensetzung bestanden, so daß die beiden Gruppen auch praktisch gleiche Nährstoffmengen enthaltende Kostsätze erhielten. Auch die Calorienmengen waren, wie wir uns durch einige Stichproben überzeugten, praktisch gleich. Nicht in unserer Hand lag es, die von den Ratten tatsächlich aufgenommenen Futtermengen zu bestimmen. Die Ratten müssen reichlich gefüttert werden und pflegen erhebliche Futtermengen zu verstreuen. Die Futteraufnahme unterlag also der individuellen Eigenart. Einige sich über mehrere Wochen erstreckende Kontrollversuche, bei denen das tatsächlich gefressene Futter täglich bei jeder Ratte ermittelt wurde, zeigten übrigens in beiden Gruppen eine recht große Übereinstimmung in der Nährstoffaufnahme.

Wir besprechen nun zuerst die erste Generation.

Das Wachstum der Tiere bis zur ersten Paarung zeigte bei beiden Gruppen ein gleichmäßiges rasches Ansteigen, wie es bei gut gefütterten Zuchtratten üblich ist. Die U-Männchen und die V-Weibchen erreichten in dieser 85 Tage betragenden Zeit ein etwas höheres Durchschnittsgewicht, im übrigen waren die Tiere nahezu gleich. Die erste Paarung erfolgte am 3. 5. 1932. und zwar derart, daß je 1 Männchen mit 2 Weibchen über 14 Tage zusammengesetzt wurde. Dann wurden sie wieder getrennt und der Erfolg der Paarung abgewartet und ermittelt. Auf die gleiche Weise wurden alle Paarungen durchgeführt.

Die erste Generation wurde im Verlauf des Versuches noch mehrmals gepaart. Die gesamten Paarungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:



Tafel 1. ♂ = männlich, ♀ = weiblich

Entscheidende Unterschiede sind in den ersten vier Paarungsversuchen danach nicht aufgetreten. Wohl aber ist dies beim letzten Paarungsversuch dieser Generation der Fall. Bei diesem besaßen die Tiere schon ein höheres Alter von 1¾ Jahren, befanden sich also, wenigstens gilt dies für die Weibchen, nahe der Grenze der Fortpflanzungsfähigkeit. Auch waren zu dieser Zeit schon Verluste durch spontane Todesfälle eingetreten; von

1. Generation, geboren Neujahr 1932.

Paarungstag	Trächtig geworden V. %	Trächtig geworden U. %	Geworfene Stückzahl V.	Geworfene Stückzahl U.	Durchschnittliche Wurfgröße V.	Durchschnittliche Wurfgröße U.
3. 5. 32 . . .	50	41,7	54	40	9,0	8
13. 7. 32 . . .	100	100	124	108	10,3	9,8
18. 11. 32 . . .	41,7	54,5	37	46	7,4	7,7
28. 6. 33 . . .	54,5	50	34	31	5,7	6,2
30. 10. 33 . . .	45,5	12,5	23	4	—	—

den 12 Weibchen waren bei der V-Gruppe noch 11, von denen der U-Gruppe nur noch 8 vorhanden.

Von den Weibchen der V-Gruppe wurden aber immer noch 5 tragend, von den 8 Weibchen der U-Gruppe aber nur eins. Die Handelsdüngergruppe war also hier in der Erhaltung der Fruchtbarkeit deutlich überlegen. Das Verhalten der ersten Generation während des gesamten Versuches gestattet nun weiter Schlüsse auf die Beeinflussung der Lebensdauer zu ziehen. Dazu bitte ich die Aufmerksamkeit auf die nächste Tabelle zu lenken, die die Anzahl der bei den Paarungen noch vorhandenen Tiere und derjenigen aufzeigt, die am Schluß des Versuches, also am 5. Juni 1934, noch am Leben waren.

Man sieht, daß im Laufe des Versuches Ausfälle eingetreten sind, die bei der U-Gruppe zweifellos um-

1. Generation (Lebensdauer).

Datum	Alter in Monaten	V-Gruppe männlich	V-Gruppe weiblich	U-Gruppe männlich	U-Gruppe weiblich
3. 5. 32 . .	4	6	12	6	12
13. 7. 32 . .	6½	6	12	6	11*)
28. 11. 32 . .	11	6	12	5	11
30. 6. 33 . .	18	6	11	5	10
18. 10. 33 . .	21½	6	11	4	8
5. 6. 34 . .	29	4	9	1	5

*) U-Weibchen 12 wurde wegen einer ausgedehnten Dermatitis, die später zum Tode führte, nicht gepaart.

fangreicher waren und früher einsetzten und früher beträchtliche Ausmaße annahmen als bei der V-Gruppe.

Selbst wenn man bei diesen Todesfällen dem Zufall eine Rolle zubilligt, so ist der Unterschied zwischen den beiden Gruppen doch sehr auffallend und deutlich. Man wird also schließen müssen, daß die Handelsdüngergruppe langlebiger gewesen ist.

Dies wird nun noch weiter durch die Beurteilung der Sektionsbefunde der gestorbenen und am Schluß des Versuches getöteten Tiere gestützt. Die Todesursachen waren bei beiden Gruppen ziemlich dieselben und waren im wesentlichen Pneumonien (Lungenentzündungen), die als eine Pseudotuberkulose aufzufassen sind. Häufig hiermit gemeinsam finden sich infektiöse Magendarmentzündungen. Es sind das die üblichen Infektionskrankheiten, an denen ältere oder sonstwie geschwächte Ratten in den Zuchtkolonien zugrunde zu gehen pflegen. Andere Erkrankungen treten nur vereinzelt auf.

Bei den gestorbenen Tieren beider Gruppen traten keine auffälligen Unterschiede in den Krankheitsursachen zutage, wohl aber war der Gesundheitszustand der am Schluß des Versuches überlebenden Tiere in beiden Gruppen verschieden.

Die Sektion ergab, daß von den dreizehn am Schluß des Versuches vorhandenen lebenden Tieren der V-Gruppe noch sechs völlig gesund waren, während von den sechs überlebenden Tieren der U-Gruppe nur eins keinerlei Anzeichen von Erkrankung aufwies. Zweifellos war danach die V-Gruppe wieder überlegen. Diese Tiere hatten während des Versuches eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Infektionskrankheiten gezeigt, und die am Schluß des Versuches noch am Leben befindlichen greisenhaften Tiere befanden sich in einem besseren Gesundheitszustand als die Überlebenden der U-Gruppe.

Von Geschwülsten wurde in beiden Gruppen bei je einem Weibchen ein Fibroadenom der Milchdrüse gefunden. In den vorliegenden Fällen handelte es sich um rein örtlich expansiv wuchernde Geschwülste von enormen Ausmaßen, die aber das Befinden der Tiere offenbar nicht beeinträchtigt hatten. Beide gehörten zu den überlebenden Tieren und hatten keine Metastasen in anderen Organen. Weiter wurde ein erbsengroßes lipomartiges Gebilde an einer Nebenniere bei einem V-Männ-

chen gefunden. Die einzige echte bösartige Geschwulst fand sich an einer Niere eines U-Weibchens. Es handelte sich um ein Sarkom.

Diese Tiere der ersten Generation waren am Schluß des Versuches 2½ Jahre alt, was einem menschlichen Alter von etwa 70 Jahren entsprechen dürfte. Sie machten einen greisenhaften Eindruck.

Wir gehen nun zur Besprechung der einzelnen Generationen über. Dabei sollten, von den verhältnismäßig wenigen Tieren der I. Generation ausgehend, immer zahlreichere Tiere der neuen Generationen zur Paarung gebracht werden. Es wurde angenommen, daß Schädigungen, die die Fütterung verursachen könnte, auf diese Weise über Generationen fortgeführt, immer deutlicher zum Ausdruck kommen müßten. Den Aufbau des Versuches zeigt die folgende Tabelle:

Generationsfolge:

Zur Paarung gelangten

Von der	am	V.		U.	
		männlich	weiblich	männlich	weiblich
I. Generation	3. 5. 32	6	12	6	12
II. Generation	26. 9. 32	9	15	9	17
III. Generation	11. 2. 33	10	20	10	20
IV. Generation	8. 7. 33	10	20	10	20
V. Generation	30. 11. 33	20	39	20	40
VI. Generation	9. 4. 34	25	50	25	50

Hierbei ergeben sich die folgenden Befunde:

Fortpflanzungsversuche:

Generation	Paarungstag	Trächtig geworden		Geworfene Stückzahl		Durchschnittliche Wurfgröße	
		V. %	U. %	V.	U.	V.	U.
I	3. 5. 32 . . .	50	41,7	54	40	9,0	8,0
II	26. 9. 32 . . .	100	94,1	163	154	10,8	9,6
III	11. 2. 33 . . .	100	95	173	168	8,7	8,8
IV	8. 7. 33 . . .	100	100	206	184	10,3	9,2
V	30. 11. 33 . . .	77	65	265	229	8,8	8,8
VI	9. 4. 34 . . .	100	98	498	464	10	9,5



Abb. 1. 28. Juli 1933.

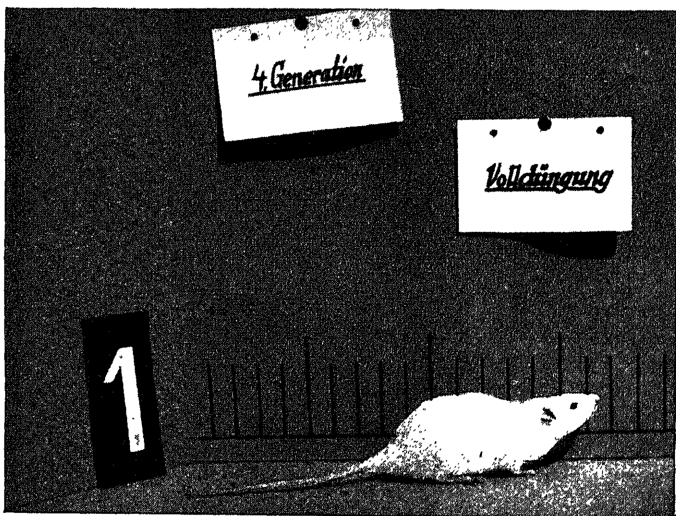


Abb. 2. 28. Juli 1933.

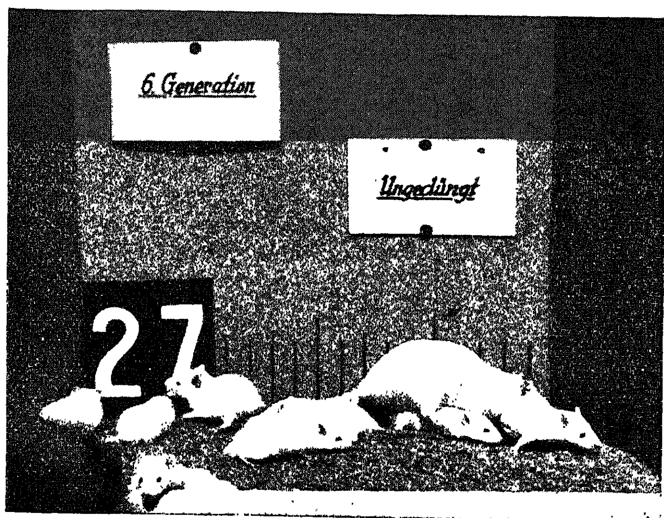


Abb. 3. 25. Mai 1934. U-Weibchen Nr. 27.

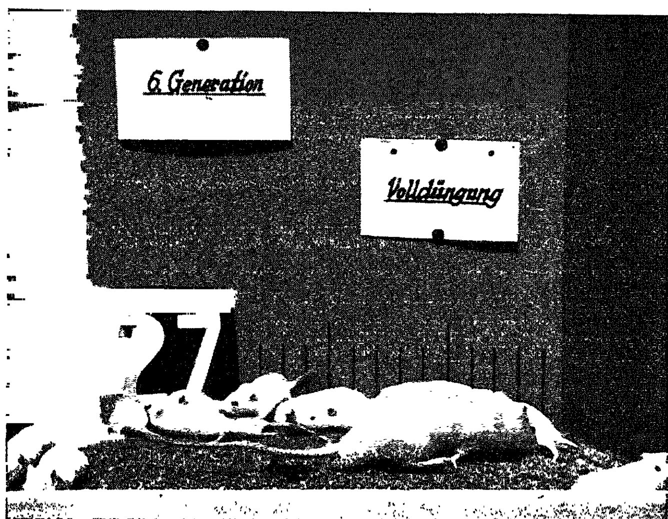


Abb. 4. 25. Mai 1934. V-Weibchen Nr. 27.

Die Tabelle zeigt, daß im allgemeinen mehr Weibchen der V-Gruppe trächtig geworden sind als in der U-Gruppe. Der Unterschied ist keineswegs erheblich, aber es ist doch auffällig, daß er bei den verschiedenen Generationen immer wieder auftritt, so daß man an einen Zufall nicht gut glauben kann. Dementsprechend ist die absolute Zahl der jeweils geworfenen Jungen der Kunstdüngergruppe ebenfalls größer als in der U-Gruppe. Weiter aber kann man feststellen, daß die Weibchen der V-Gruppe auch meist größere Würfe als die der U-Gruppe hervorgebracht haben, wenn man die durchschnittliche Wurfgröße pro Weibchen feststellt. Ohne diesen Unterschieden eine allzu große Bedeutung zumessen zu wollen, wird man doch nicht bestreiten können, daß die V-Gruppe bezüglich Trächtigkeit und Produktion von Nachkommenschaft etwas günstiger als die U-Gruppe abgeschnitten hat.

Es interessiert weiter das Wachstum der einzelnen Generationen in der Zeit der raschen Entwicklung bis zur Erreichung der Fortpflanzungsfähigkeit.

Die Männchen wuchsen durchschnittlich schneller als die Weibchen und erreichten höhere Gewichte. Zwischen den Tieren der beiden Gruppen bestanden aber entscheidende Unterschiede nicht. Die Durchschnittskurven verliefen ganz gleichsinnig, ähnlich wie in Tafel I, die erreichten Endgewichte waren entweder gleich oder überragten einmal bei dieser oder bei der anderen Gruppe, also unregelmäßig.

Gesundheitszustand, Aussehen und Lebhaftigkeit waren in allen Generationen bei beiden Gruppen gleich, so daß man keinerlei Unterschiede feststellen konnte. Zum Beleg verweise ich auf Abb. 1 und 2, die je ein Weibchen der 4. Generation, aufgenommen am 28. Juli 1933, im Alter von 4 Monaten darstellen.

Weiter zeigen Abb. 3 und 4 die beiden Weibchen Nr. 27 der 6. Generation mit ihren Jungen, aufgenommen am 25. Mai 1934. Die Weibchen hatten ein Alter von 5 Monaten, die Jungen vom V-Weibchen 27 waren 16 Tage, die vom U-Weibchen 27 waren 22 Tage alt. Die

Abbildungen wurden aus unserem großen Bildermaterial von sämtlichen Generationen wahllos herausgenommen.

Von großem Interesse ist schließlich die Frage, wie sich die Aufzucht der Jungen in den beiden Gruppen gestaltet. Es ist gerade hier schwierig, zu klaren Resultaten zu kommen. Das in der Natur allgemein zutage tretende Prinzip bei durch ihre Umweltsbedingungen stark gefährdeten Lebewesen, das Fortbestehen der Art dadurch zu sichern, daß sehr große Mengen von Nachkommen erzeugt werden, von denen aber nur ein Teil aufgezogen wird, ist auch bei der Ratte zu finden. Manche Ratten ziehen allerdings ihre Würfe vollzählig auf, bei anderen aber treten mehr oder weniger starke Verluste ein. Schwächere Tiere mögen dabei von den stärkeren beim Säugen abgedrängt werden, aber oft gehen auch starke Tiere ein, sei es, daß sie erdrückt werden, sei es, daß sie beim Einwühlen des Wurfes in die Bettung, eine von den Ratten beliebte Methode, ersticken oder erdrückt werden. Wenn die jungen Tiere 10—14 Tage alt sind, reguliert häufig die Mutter selbst die Zahl, indem sie eine Anzahl der Jungen tötet oder auch frißt. Nach amerikanischen Arbeiten und früheren eigenen Versuchen spielt hierbei der Eiweißgehalt der Kost eine Rolle. Eiweißreiche Ernährung setzt die Verluste durch Tötung herab. Aber gerade im vorliegenden Versuch haben wir die Erfahrung gemacht, daß durch eiweißreiche Kost der Zerstörung nicht völlig gesteuert werden kann. Es spielt also ein individueller Faktor mit, den zu beherrschen man wenigstens vorläufig nicht in der Hand hat. Er kann nach einer weit verbreiteten Ansicht der Tierzüchter auch vererblich sein und soll auch von zufälligen äußeren Umständen: Erschrecken der Tiere, Unruhe im Zuchtraum und dergleichen abhängen. Am sichersten kommt man zu einem Überblick, wenn man die Anzahl der Jungen ermittelt, die im Durchschnitt von einer der tragend gewesenen Mütter aufgezogen worden sind. Als Ende der Aufzucht ist der Zeitpunkt angenommen, zu dem die jungen Tiere unabhängig von der Mutter weiterzuleben vermögen, also das Ende der Säugezeit.

In der folgenden Tabelle ist diese Berechnung für sämtliche Paarungsversuche und Generationen zusammengestellt worden.

Aufzuchtergebnisse sämtlicher Paarungen.

Tag der Paarung	Generation	Zahl der trächtigen Mütter		Zahl der aufgezogenen Jungen		Durchschnittlich je Mutter aufgezogen	
		V.	U.	V.	U.	V.	U.
3. 5. 32 . .	I	6	5	40	31	6,67	6,2
13. 7. 32 . .	I	12	11	75	62	6,25	5,64
28. 11. 32 . .	I	5	6	27	32	5,4	5,33
30. 6. 33 . .	I	6	5	30	23	5,0	4,6
18. 10. 33 . .	I	5	1	14	4	2,8	4*)
26. 9. 32 . .	II	15	16	86	120	5,73	7,5
15. 12. 32 . .	II	10	5	41	22	4,1	4,4
11. 4. 33 . .	II	14	14	99	95	7,07	6,79
11. 2. 33 . .	III	20	19	99	109	5,0	5,74
8. 7. 33 . .	IV	20	20	150	170	7,5	8,5
30. 11. 33 . .	V	30	26	217	183	7,23	7,04
9. 4. 34 . .	VI	50	49	259	224	5,18	4,57

*) Der Wert dieser Zahl als Durchschnittszahl ist fraglich, da nur ein Tier tragend geworden war und seine vier Jungen vollständig aufgezogen hatte.

Wir sehen nun hier, daß zwischen den beiden Gruppen regelmäßige Unterschiede nicht bestehen. In einigen Fällen sind die Aufzuchtergebnisse bei der U-Gruppe deutlich besser, in einigen anderen war die V-Gruppe überlegen, meist sind die Unterschiede so gering, daß man die Ergebnisse als praktisch gleich bezeichnen kann.

Hieraus ergibt sich aber, daß die mit kunstgedüngter Nahrung ernährten Weibchen von ihren meist stärkeren Würfen etwa ebensoviel Jungtiere wie die U-Weibchen aufgezogen haben, so daß der durch vermehrte Fruchtbarkeit und höhere Zahl der Jungen erlangte Vorsprung wieder ausgeglichen worden ist. Addiert man die von beiden Gruppen insgesamt bis zum Absetzen von der Mutter gesäugten Jungen, so ergeben sich für die

V-Gruppe 1137 abgesetzte Junge, für die
U-Gruppe 1075 abgesetzte Junge,

oder korrigiert, d. h. vermindert um die Ergebnisse der letzten Paarung der ersten Generation, die erst in hohem Alter erfolgte, also vielleicht nicht mehr maßgebend ist:

V-Gruppe 1123 abgesetzte Junge,
U-Gruppe 1071 abgesetzte Junge.

Das bedeutet wohl praktische Gleichheit.

Zusammenfassung.

Die Versuche zeigen, daß die mit unter Verwendung von Handelsdünger gezogener Nahrung ernährten Ratten bezüglich Fruchtbarkeit, Zahl der Nachkommenschaft und Langlebigkeit den anderen überlegen waren, während Wachstum und Aufzuchtleistung sich in denselben Grenzen hielten, wie sie auch bei Ratten beobachtet wurden, die mit Nahrungsmitteln ohne Handelsdüngerverwendung ernährt worden waren.

Für unsere Grundfrage, ob irgendwelche Schädigungen der Tiere durch langdauernde Verfütterung von mit Handelsdünger gezogener Nahrung eintreten würden, lautet nach diesen Ergebnissen die klare und eindeutige Antwort, daß dies nicht der Fall gewesen ist.

Die Bedeutung der mineralischen Zusammensetzung des Futters für die Tierernährung.

Von Dr. A. JACOB.

Die der Menge nach wichtigsten mineralischen Bestandteile des Tierkörpers sind die Metalle Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium, Eisen, die Metalloide Phosphor, Schwefel und Chlor.

Tabelle 1.
Mineralstoffgehalt ganzer Tiere
bezogen auf 100 kg Lebendgewicht (nach *Lawes* u. *Gilbert*).

	g K	g Na	g Ca	g Mg	g P	g Cl
Fetter Ochse.....	146	93,5	1 282	37,9	678	55,2
Fettes Kalb	171	109,0	1 176	43,9	670	62,5
Ausgewachsenes Schwein	163	81,6	772	33,0	465	57,0

Den Hauptanteil dieser im Tierkörper enthaltenen Mineralstoffe machen Calcium und Phosphor aus. An dritter Stelle steht Kalium. Beim Kalium ist bemerkenswert, daß es im Körper des jungen, wachsenden Tieres in erheblich größeren Mengen enthalten ist als im Körper des erwachsenen Tieres (Tab. 1). Charakteristisch für den Mineralstoffbedarf der Tiere ist die Zusammensetzung der Milch, da sie das einzige Nahrungsmittel für das junge Tier ist.

Tabelle 2.
Mineralstoffe der Milch (in % der Asche)
nach *v. Wendt.*

	% K	% Na	% Ca	% Mg	% P	% Cl
Mensch	38,6	7,6	13,6	2,3	12,4	25,5
Rind	27,4	5,8	23,4	2,3	21,6	19,5

Die Milch enthält alle für den Aufbau des Tierkörpers notwendigen Mineralstoffe. Entsprechend dem großen Kaliumbedarf des jungen Tieres herrscht in der Milch das Kalium vor.

Der Mineralstoffgehalt der einzelnen Organe weist sowohl der Menge wie der Zusammensetzung nach Unterschiede auf.

Tabelle 3.

Wirkung einer gesteigerten Zufuhr von Kali, Natron und Kalk auf die Zusammensetzung der Asche verschiedener Organe des Schweines

(nach Untersuchungen der Versuchsstation Berlin-Lichterfelde).

	% K_2O			% Na_2O			% CaO		
	Kali-sau	Na-tron-sau	Kalk-sau	Kali-sau	Na-tron-sau	Kalk-sau	Kali-sau	Na-tron-sau	Kalk-sau
Knochen	0,32	0,35	0,28	0,41	0,60	1,65	46,56	46,52	46,92
Muskeln	34,26	22,34	10,55	11,88	9,92	3,29	2,77	1,91	0,86
Blut	20,21	20,38	3,66	39,27	48,84	9,91	3,91	2,17	2,54
Blutserum	21,44	15,00	4,90	32,15	41,85	41,92	2,98	5,18	8,75
Leber	23,17	20,47	12,04	9,32	8,54	4,85	1,99	1,89	7,94
Herz	25,71	10,52	15,02	14,04	9,24	13,29	1,86	1,21	3,21
Niere	26,23	24,27	6,91	19,47	17,23	11,36	3,75	4,92	2,48
Schilddrüse	36,27	34,73	9,97	39,61	28,11	16,44	13,70	12,08	27,12
Lunge	27,64	25,61	—	20,38	18,59	—	2,94	2,95	—
Milz	24,16	25,39	—	14,20	9,51	—	3,00	2,63	—

Die in Tab. 3 mit Natron-Sau, Kali-Sau, Kalk-Sau bezeichneten Schweine waren einer Diät mit verschiedenem Mineralstoffgehalt unterzogen worden. Auf die Auswirkungen dieser verschiedenen Diät soll später eingegangen werden; hier möge zunächst nur ganz allgemein der Mineralstoffgehalt der verschiedenen Organe erörtert werden. Wir sehen zunächst, daß in den Knochen hauptsächlich Kalk enthalten ist, daß Natron und Kali dagegen nur in geringen Mengen auftreten. In den Muskeln spielt das Kali die Hauptrolle, der Natrongehalt macht nur etwa die Hälfte oder den dritten Teil des Kaligehaltes aus, Kalk tritt sehr stark zurück. Leber, Herz, Niere, Lunge und Milz weisen in großen Zügen dasselbe Bild auf, allerdings haben Niere und Lunge einen höheren Natriumgehalt. Die Schilddrüse hat neben einem hohen Gehalt an Kalium und Natrium auch einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Calcium.

Im Blut und Blutserum steht bei unseren Untersuchungen das Natrium an erster Stelle, ihm folgt das Kalium; der Calicumgehalt ist verhältnismäßig gering. Leider war bei unseren Analysen keine getrennte Untersuchung der roten Blutkörperchen möglich; es ist daher nicht möglich, aus unseren Analysen die von anderer Seite festgestellte Verschiedenheit des Verhältnisses von Kali und Natron in den Blutkörperchen und im Bluserum zu erkennen. Nach diesen Beobachtungen enthalten die roten Blutkörperchen überwiegend Kali, während das Serum nur ge-

ringe Kalimengen aufweist und in ihm das Natron die anderen Mineralstoffe beträchtlich überwiegt. Diese den Gesetzen des osmotischen Druckes widersprechende Verschiedenheit sucht man durch die Annahme zu erklären, daß in den Blutkörperchen eine niedrige, im Serum eine hohe Dielektrizitätskonstante herrscht, so daß im Serum die Ionen, in den roten Blutkörperchen die undissoziierten Moleküle der Salze enthalten sind. Den undissoziierten Molekülen der Kalium- und Natriumsalze schreibt man biologisch einen verschiedenen elektrischen Ladungssinn zu, so daß nur die Kaliumverbindungen, nicht aber die Natriumverbindungen von den Blutkörperchen festgehalten werden können.

Neuerdings hat man die Bedeutung eines Basenüberschusses in der Nahrung stark betont, insbesondere hat *Lintzel* die Forderung aufgestellt, daß das Futter einen Überschuß sowohl an Erdalkalien wie an Alkalien enthalten müsse. Für den Stoffwechsel ist das Verhältnis von Basen zu Säuren deshalb von großer Bedeutung, weil für die Ausscheidung der im Körper durch den Lebensprozeß gebildeten Säuren die Anwesenheit einer genügenden Menge von Basen erforderlich ist. Werden dem Organismus nicht genügend Basen zugeführt, so ist er genötigt, die zur Säurebildung erforderlichen Basen durch Abspaltung von Ammoniak und Aminen aus Eiweiß selbst zu erzeugen. In diesem Falle wird der Eiweißgehalt des Futters nicht so stark ausgenutzt wie bei basenreicher Ernährung. Eine Beeinflussung des Basenhaushaltes des Körpers durch das Basen-Säure-Verhältnis des Futters ist an der Reaktion des Blutes gewöhnlich nicht nachzuweisen, da das Blut stark gepuffert ist und Verschiebungen seiner p_H-Zahl infolgedessen starken Widerstand leistet. Man kann Verschiebungen im Basenhaushalt des Körpers aber dadurch verfolgen, daß man die Veränderung der Güte der Pufferung des Blutes untersucht, indem man nach *Scheunert* die Alkalireserve des Blutes, also die an Kohlensäure gebundenen Alkalien bestimmt. Wir konnten Andeutungen einer Verschiebung der Alkalireserve bei der Ernährung von Rindern mit Futter von verschieden hohem Gehalt an Kali feststellen.

Bei der Wiederholung dieser Untersuchungen am folgenden Tage war der starke Einfluß des Nervensystems auf die Regulierung der Alkalireserve zu beobachten. Als der Tierarzt, der die Blutproben entnahm, sich im Stalle zeigte, erinnerten sich die Tiere an den schmerzhaften Eingriff, zeigten sehr starke An-

Tabelle 4.
Alkalireserve. Vol.-% CO_2 im Plasma als Bicarbonat gebunden.

bei kaliarmer Ernährung	Probenahme am 14.III.34	Probenahme am 15.III.34	bei kalireicher Ernährung	Probenahme am 14.III.34	Probenahme am 15.III.34
Tier 1	63,6	63,6	Tier 7	90,1	69,2
„ 2	90,1	73,0	„ 8	94,8	62,6
„ 3	69,2	69,2	„ 9	verunglückt	81,5

zeichen von Aufregung, und die Alkalireserve ging bei den meisten Tieren auf das scheinbar normalerweise niedrigste Niveau von 60—70 zurück.

Wir kommen nunmehr zu der Frage, wie man den Mineraliengehalt eines Futters anreichern kann, um das Tier ausreichend mit Mineralstoffen zu versorgen. Was den Calcium- und Phosphorgehalt des Futters betrifft, so ist bekannt, daß man einen Mangel an diesen Mineralstoffen durch Verfütterung von kohlensaurem bzw. phosphorsaurem Kalk mit Erfolg ausgleichen kann. Eine Natriumzufuhr ist dadurch möglich, daß man Lecksteine aus Chlornatrium auslegt, da das Natrium im Tierkörper meist als Ion, und zwar in Verbindung mit Chlor, vorkommt. Für den Ausgleich eines Kaliummangels im Futter wird von *Lintzel* das Kaliumacetat in Betracht gezogen.

Die Frage der Verfütterung von Kaliumacetat oder ähnlichen geeigneten Kaliumverbindungen verdient sehr große Beachtung; sie bedarf aber erst der Klärung durch ausgedehnte Versuche, die langfristig, schwierig und kostspielig sind. Wir haben an Rindern, die eine Zeitlang eine kaliarme Nahrung erhalten hatten und als Folge dieser Ernährung im Wachstum gegenüber normal ernährten Vergleichstieren zurückgeblieben waren, einen Versuch mit Zufütterung von Kaliumacetat durchgeführt. Das Kaliumacetat wurde aufgenommen und im Harn wieder ausgeschieden; eine Wirkung auf das Wachstum war nicht festzustellen, da der Versuch infolge Mangels an kaliarmem Futter vorzeitig abgebrochen werden mußte.

Es schien uns nun zunächst näherzuliegen, die Frage einer erhöhten Kalizufuhr im Futter dadurch zu lösen, daß wir versuchten, durch verstärkte Kalidüngung ein an Kali in einer natürlichen Bindungsform reicheres Wiesen- und Weidefutter zu erzielen.

Tabelle 5.

Mineralstoffgehalt von Gräsern und Leguminosen bei verschiedener Düngung

(nach Untersuchungen der Versuchsstation Berlin-Lichterfelde)
bez. auf absolute Trockensubstanz.

	Düngung	% K_2O	% Na_2O	% CaO	% MgO	% P_2O_5
Lolium	80 kg N, 120 kg P_2O_5	1,63	1,58	0,99	0,32	1,07
perenne	80 kg N, 120 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	2,40	1,23	0,84	0,26	1,02
Dactylis	80 kg N, 120 kg P_2O_5	2,85	0,45	0,64	0,27	0,87
glomerata	80 kg N, 120 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	3,87	0,38	1,18	0,56	0,90
Phleum	80 kg N, 120 kg P_2O_5	3,33	0,20	1,10	0,46	1,22
pratense	80 kg N, 120 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	4,20	0,25	0,88	0,37	1,15
Festuca	80 kg N, 120 kg P_2O_5	2,48	0,11	1,41	0,50	1,10
pratensis	80 kg N, 120 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	3,59	0,12	1,13	0,41	1,06
Poa	80 kg N, 120 kg P_2O_5	3,23	0,31	0,99	0,35	1,06
pratensis	80 kg N, 120 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	4,28	0,27	0,94	0,35	1,11
Fränk.	250 kg P_2O_5	2,94	0,11	2,58	1,19	0,75
Luzerne	250 kg P_2O_5, 300 kg K_2O	3,61	0,11	2,34	0,40	0,69
Rotklee	45 kg P_2O_5	1,97	0,28	2,48	0,60	0,70
	45 kg P_2O_5, 160 kg K_2O	3,08	0,23	2,46	0,50	0,77
Weißklee	150 kg P_2O_5	1,28	1,13	2,61	0,69	1,11
	150 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	1,96	1,07	2,50	0,65	1,00

Wenn wir den Einfluß der Kalidüngung an einzelnen Gräsern oder Leguminosenarten prüften, so ergab sich als Wirkung der gesteigerten Kalizufuhr in der Regel eine Erhöhung des Kaligehaltes bis auf etwa das Anderthalbfache, bzw. Doppelte, die von einer, allerdings nur geringen, Senkung des Kalkgehaltes begleitet war (Tab. 5). Anders war aber meist das Bild, wenn wir den Einfluß der Kalidüngung auf den gemischten Bestand einer Wiese oder Weide untersuchten. Hier überwog der Einfluß der Kalidüngung auf die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe den rein chemischen Einfluß auf die Zusammensetzung der einzelnen Pflanzen. Es ergab sich wohl in der Regel, wenn auch nicht immer, eine Erhöhung des Kaligehaltes, aber vielfach wurde auch der Kalkgehalt infolge des stärkeren Hervortretens der kalkreichen Kleearten erhöht, die einen etwa doppelt so hohen Kalkgehalt aufweisen, als die Gräser. Das durch die Kalidüngung bewirkte Zurücktreten der Unkräuter verschiebt den Mineralstoffgehalt in unregelmäßiger Weise.

Über die Wirkung eines durch Düngung an Kali angereicherten Futters sind von der Studiengesellschaft für Grünlandwirtschaft in Steinach in den letzten Jahren sehr sorgfältige und ausgedehnte

Fütterungsversuche durchgeführt worden, über welche demnächst seitens dieser Studiengesellschaft ein zusammenfassender Bericht veröffentlicht werden wird. Die chemische Bearbeitung dieser Versuche erfolgte in der Versuchsstation Lichterfelde. Ich möchte hier die Ergebnisse einiger Analysen von Material aus einem im Frühjahr 1934 in Steinach durchgeführten Fütterungsversuch anführen. Bei diesem Versuch erhielt eine Gruppe von Rindern ein Heu, das auf einem kaliarmen Boden ohne Kalidüngung gewachsen war, während eine andere Gruppe das Heu von den Kaliparzellen dieser Versuchsfläche erhielt, die mit einer Düngung von 200 kg K_2O je Hektar versehen waren. Der Kaligehalt dieses Heues war etwa doppelt so hoch als der des Heues von der kalifreien Parzelle.

Die mit dem kalireichen Heu ernährten Rinder zeigten eine bedeutend bessere Gewichtszunahme und waren auch in der äußeren Erscheinung, insbesondere im Haarkleid, überlegen. Nachdem der Fütterungsversuch einige Wochen gelaufen und anzunehmen war, daß sich ein Gleichgewicht in der Ernährungsweise der Tiere eingestellt hatte und daß diese sich der verschiedenen Ernährung in ihrem Stoffwechsel angepaßt hatten, wurde acht Tage lang ein quantitativer Stoffwechselversuch durchgeführt.

Tabelle 6.

Einfluß der Düngung auf den Mineralgehalt von Wiesenheu.
Wiesendüngungsversuch d. Studiengesellschaft f. Grünlandfragen in Steinach

Parz.	Jährliche Düngung	% K_2O	% Na_2O	% CaO	% MgO	% P_2O_5
	1. Schnitt					
1	20 kg N, 70 kg P_2O_5	1,35	0,11	0,91	0,45	0,60
2	20 kg N, 70 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	2,55	0,15	1,11	0,47	0,71
3	20 kg N, 70 kg P_2O_5, 200 kg K_2O	2,68	0,15	1,13	0,51	0,69
	2. Schnitt					
1	20 kg N, 70 kg P_2O_5	1,33	0,15	1,40	0,58	0,72
2	20 kg N, 70 kg P_2O_5, 100 kg K_2O	2,23	0,13	1,47	0,56	0,81
3	20 kg N, 70 kg P_2O_5, 200 kg K_2O	2,28	0,12	1,23	0,54	0,79

Das gehäckselte Mischfutter von Heu und Rüben wurde analysiert und gewichtsmäßig den einzelnen Tieren vorgesetzt; das nicht aufgenommene Restfutter wurde zurückgewogen und gleichfalls analysiert.

Für jede Kuh wurden in drei Schichten je 3 Leute ununterbrochen zur Aufsicht gestellt, die Kot und Harn sorgfältig ge-

trennt auffingen. Kot und Harn wurden gewichtsmäßig bestimmt und analysiert. Auf diese Weise war es möglich, eine Mineralstoffbilanz für jedes Tier der beiden verschieden ernährten Gruppen aufzustellen.

Tabelle 7.
Mineralstoffbilanz eines Fütterungsversuches zu Rindern (8-Tage-Periode

	bei kaliarmem Futter						bei kalireichem Futter					
		g K_2O	g Na_2O	g CaO	g MgO	g P_2O_5		g K_2O	g Na_2O	g CaO	g MgO	g P_2C
Aufnahme im Futter:	Tier 1	980	150	470	180	310	Tier 7	1910	120	640	230	39
	„ 2	950	140	450	170	300	„ 8	1870	120	620	230	38
	„ 3	950	150	450	170	300	„ 9	1920	120	660	240	40
Ausscheidung im Kot	Tier 1	100	20	480	170	320	Tier 7	150	30	550	160	38
	„ 2	80	10	410	140	300	„ 8	210	30	550	160	40
	„ 3	110	10	420	120	280	„ 9	190	40	580	160	40
Ausscheidung im Harn	Tier 1	720	80	10	20	—	Tier 7	1430	120	—	30	—
	„ 2	720	70	—	30	—	„ 8	1430	100	—	30	—
	„ 3	630	80	—	30	—	„ 9	1530	90	—	40	—
Gesamt-Ausscheidung	Tier 1	820	100	490	190	320	Tier 7	1580	150	550	190	38
	„ 2	800	80	420	170	300	„ 8	1640	130	550	190	40
	„ 3	740	90	420	140	280	„ 9	1720	130	580	200	40
Differenz	Tier 1	160	50	— 20	— 10	— 10	Tier 7	330	— 30	90	40	1
	„ 2	150	60	30	0	0	„ 8	230	— 10	70	40	— 2
	„ 3	210	60	30	30	20	„ 9	200	— 10	80	40	

Zwischen den einzelnen Kontrolltieren, bei deren Auswahl man sich bemüht hatte, möglichst gleichaltrige und gleichmäßige Tiere zu erhalten, sind natürlich trotzdem Schwankungen sowohl in der Aufnahme des Futters wie in seiner Verwertung aufgetreten. Diese waren aber geringer, als wir befürchtet hatten. Sie waren jedenfalls von einer viel kleineren Größenordnung als die Unterschiede, die durch die verschiedene Ernährungsweise der beiden Gruppen verursacht waren. Die Gruppe, die das mit Kali gedüngte Futter erhalten hatte, bekam in den acht Tagen je Tier durchschnittlich etwa 950 g K_2O mehr zugeführt als die Gruppe mit dem kaliarmen Futter. In der Versuchsanordnung lag es begründet, daß auch die Zufuhr an den anderen Mineralstoffen nicht gleich war, da durch die Kalidüngung auch der Gehalt des Futters an den anderen Mineralstoffen verändert, und zwar meist etwas erhöht worden war. So betrug die Mehraufnahme an Kalk bei der Kaligruppe je Tier etwa 175 g, an

Magnesia 60 g, an Phosphorsäure 90 g, an Natron war dagegen eine Minderaufnahme von 30 g zu verzeichnen.

Bei der Untersuchung der Ausscheidungen ergab sich bei der Gruppe mit dem kaliarmen Futter, daß der größte Teil des aufgenommenen Kalis, nachdem es seine Rolle im Stoffwechsel erfüllt hatte, durch den Harn wieder ausgeschieden wurde. Nur ein kleiner Teil des Kalis wurde im Kot ausgeschieden. Es ist anzunehmen, daß dieses Kali unverdaut durch den Körper gegangen ist, jedenfalls in seiner Hauptmenge. Als Differenz zwischen Aufnahme und Ausscheidung ergab sich der Betrag von etwa 175 g Kali.

Bei der mit dem kalireichen Futter ernährten Gruppe wurde von der Mehraufnahme an Kali der weitaus größte Teil, nämlich etwa doppelt so viel wie bei der kaliarmen Gruppe, im Harn ausgeschieden. Die Ausscheidung im Kot war gegenüber der kaliarmen Gruppe etwas, aber nur unwesentlich erhöht, dagegen verblieb eine größere Kalimenge im Organismus. Da die Menge des im Organismus verbliebenen Kaliums als Differenz bestimmt wurde, sind allerdings hier die Schwankungen bei beiden Gruppen besonders groß.

Was die Beeinflussung der übrigen Mineralstoffe durch die Verwendung des kalireichen Futters betrifft, so führte die erhöhte Kaliumzufuhr bei der Gruppe mit dem kalireichen Futter im Verein mit der geringeren Natriumzufuhr dazu, daß eine Anreicherung des Organismus an Natrium, wie sie bei der mit kaliarmem Futter ernährten Gruppe stattfand, bei der anderen Gruppe nicht festzustellen war, sondern eher eine geringe Mehrausscheidung an Natrium, daß also Natrium aus dem Körper durch Kalium verdrängt wurde.

Was dagegen die Wirkung des kalireichen Futters auf den Kalkstoffwechsel des Organismus angeht, so ist es interessant festzustellen, daß im Gegensatz zu einer weitverbreiteten Meinung die Erhöhung der Kalizufuhr in der Nahrung keine Erhöhung der Kalkausscheidung hervorgerufen hat. Während bei der Gruppe mit dem kaliarmen Futter Kalkaufnahme und Kalkausscheidung etwa gleich waren, ergab sich bei der Gruppe mit dem kalireicheren Futter, daß allerdings infolge der durch die Kalidüngung bewirkten Anreicherung an Leguminosen auch einen höheren Kalkgehalt hatte, eine gewisse Anreicherung des Organismus an Calcium.

An Mg nahmen die Tiere der Kaligruppe nach dem Analysenbefund 25 g MgO mehr auf als die der kaliarmen Gruppe. Dieser

Mehraufnahme ist vielleicht im Hinblick auf die Größe der Versuchsfehler keine allzu große Sicherheit beizumessen; zum mindesten hat der Versuch aber keinen Anhalt dafür ergeben, daß der Mg-Haushalt des Organismus durch die erhöhte Kalizufuhr beeinträchtigt worden sei.

Hinsichtlich des Phosphorstoffwechsels ergaben sich praktisch keine Unterschiede bei den verschiedenen Fütterungsarten.

Der Hauptunterschied zwischen beiden Gruppen ist jedenfalls die Verschiedenheit der Differenz zwischen Kaliaufnahme und Kaliausscheidung. Durch die höhere Gewichtszunahme der mit kalireichem Futter ernährten Tiere ist diese Mehraufnahme nur zum Teile zu erklären, es muß also im Organismus eine Anreicherung an Kali eingetreten sein. Wir versuchten, diese an den lebenden Tieren durch eine Blutuntersuchung festzustellen; die Zusammensetzung des Blutes wies aber keine Unterschiede auf (Tab. 8).

Tabelle 8.
Mineralstoffgehalt des Blutes der Rinder aus dem Fütterungsversuche Steinach

	mg K_2O	mg Na_2O	mg CaO	mg MgO	mg P_2O_5
a) bei kaliarmer Ernährung (mg in 100 g Blut)					
Tier 1	59,0	315,1	11,2	4,3	32,2
„ 2	46,4	299,5	11,8	4,3	26,5
„ 3	61,1	283,7	9,7	4,2	33,1
b) bei kalireicher Ernährung (mg in 100 g Blut)					
Tier 7	44,5	320,6	11,1	5,3	35,8
„ 8	46,7	311,9	10,9	3,4	37,0
„ 9	39,3	336,4	11,7	3,3	35,2

Da diese wertvollen Tiere nicht geschlachtet werden konnten, mußte leider auf eine Untersuchung des Fleisches und der Organe, welche zu einer endgültigen Klärung unerläßlich gewesen wäre, verzichtet werden.

Daß aber eine Erhöhung des Kaligehaltes der Muskeln, wie auch anderer Organe als Folge einer kalireichen Ernährung anzunehmen ist, zeigen Fütterungsversuche zu Schweinen, die wir gemeinschaftlich mit Prof. *Duerst*-Bern durchführten. Bei diesen Versuchen erhielt eine Gruppe von Schweinen eine Nahrung, der erhöhte Mengen von Kali in Form von citronensaurem Kali zugesetzt waren, während andere Gruppen mit einem Futter

versehen wurden, welches einen Überschuß an Natron bzw. Kalk aufwies.

Bei diesen Versuchen ergab sich als Folge der kalireichen Ernährung eine Erhöhung des Kaligehaltes verschiedener Organe, insbesondere der Muskeln. Die beobachtete bessere Fleischqualität der Kalischweine dürfte mit dieser Veränderung der Zusammensetzung der Muskeln in Verbindung stehen, da die im Vergleich zu Natrium geringere Bindung von Wasser durch das Kalium nach *Duerst* zur Bildung festerer, weniger aufgeschwemmter Zellen führt. *Duerst* sieht hierin einen wichtigen Antagonismus zwischen Natrium und Kalium. Ein deutlicher Antagonismus zeigte sich bei diesen Versuchen auch zwischen Kali und Kalk. So setzte ein Überschuß an Kalk den Kaligehalt der Muskeln, des Blutes und der meisten Organe stark herab, während ein Überschuß an Kali in Blutserum, Leber und Schilddrüse den Kalkgehalt verminderte.

Um den Antagonismus zwischen Kali und Kalk, der uns für die Beurteilung der Mineralstoffbilanz der Nahrung besonders wichtig erscheint, genauer zu prüfen, stellten wir in Gemeinschaft mit dem Hygienischen Institut der Universität Freiburg auch noch Tierversuche mit Ratten an. Bei diesen Untersuchungen versuchten wir, festzustellen, oberhalb welcher Grenze eine Zufuhr von Kalium eine schädigende Wirkung habe. Das Verhältnis von Calcium zu Kalium war bei vier Gruppen von Ratten von 1 Calcium : 7,5 Kalium bis auf 1 Calcium : 25,5 Kalium gesteigert worden. Trotz dieser starken Verschiebung des Calcium-Kalium-Verhältnisses und trotz der absolut wie relativ starken Kalizufuhr waren hinsichtlich Wachstum und Vermehrung der verschieden ernährten Ratten keine Unterschiede festzustellen. Bei den Tieren, die mit wenig Calcium und viel Kalium gefüttert wurden, traten zwar rhachitische Störungen auf; diese beruhten aber nicht auf dem Kaliüberschuß der Nahrung, sondern auf dem Kalkmangel. Sowie nämlich den Tieren, welche die höchsten Kalimengen erhielten, auch noch Kalk gegeben wurde, verschwanden die Störungen wieder. Diese Versuche bestätigten somit lediglich die Notwendigkeit einer ausreichenden Kalkversorgung, ohne eine toxische Wirkung einer bereits übertrieben hohen Kaligabe anzuzeigen.

Die Untersuchungen, über die ich berichten konnte, bedeuten nur einen ganz bescheidenen Anfang einer Bearbeitung der Frage nach der Bedeutung des Mineralstoffwechsels für den tierischen Organismus. Wir haben eine Gesamtbilanz des Mineral-

stoffwechsels bei Verfütterung eines durch Düngung an Kali angereicherten Futters aufgestellt, welche nachwies, daß der größte Teil der Mehrzufuhr des Kaliums nach Erfüllung seiner Funktionen im Lebensprozeß durch den Harn wieder ausgeschieden wird, daß ein Teil des Kaliums im Organismus verbleibt, daß der erhöhte Kaligehalt des Futters vielleicht eine Mehrausscheidung an Na, aber keine Mehrausscheidung an Kalk und Mg hervorruft. Wir haben uns aber erst tastend an die weiteren Aufgaben herangewagt, festzustellen, in welche Organe das Kalium wandert, in welcher Form es dort abgelagert wird und welche Funktionen es dort erfüllt. Die Wirkungen einer Veränderung des Ca- und P-Gehaltes des Futters konnten wir nur streifen. Wir mußten uns ferner bei diesen rein praktischen Versuchen auf die Mineralstoffe beschränken, deren Menge im Futter durch Veränderungen der Düngungsweise in erster Linie beeinflußt werden kann und konnten daher bei unseren Untersuchungen nicht die Wirkungen anderer Mineralstoffe wie z. B. Zink, Kupfer, Jod usw. prüfen, die nach neueren Untersuchungen vielleicht auch eine wesentliche Funktion erfüllen. Untersuchungen über die Bedeutung des Mineralstoffgehaltes des Futters bilden ein außerordentlich großes und dankbares Problem für den Chemiker. Der Landwirt oder Tierphysiologe kann bei der Untersuchung dieser für die tierische Ernährung wichtigen Fragen auf keinen Fall die Mitarbeit des Chemikers entbehren; denn es stellt nicht nur die zuverlässige Ermittlung der oft nur geringen Schwankungen der Mineralstoffgehalte an den Analytiker sehr große Anforderungen, sondern auch die Beurteilung der Ergebnisse verlangt ein tieferes physikalisch-chemisches Verständnis, als man normalerweise bei einem Nichtchemiker voraussetzen kann.

Welche Aufgaben fallen dem Chemiker bei der Durchführung des Futtermittelgesetzes zu.

Von Regierungsrat Dr. L. SEIDLER, Berlin.

Nachdem sich das Futtermittelgesetz vom 22. Dezember 1926 — in Zukunft nur kurz FMG. genannt — bereits seit dem 1. November 1927 in Kraft befindet, mag es im ersten Augenblick sonderbar erscheinen, wenn heute noch das Thema, inwieweit hierbei auch eine Mitarbeit des Chemikers in Frage kommt, erörtert wird. Vorkommnisse, die noch bis in die jüngste Zeit hineinreichen, beweisen aber deutlich, daß sich die Chemiker der Größe der Aufgabe, die auch ihnen hierbei zugewiesen ist, nicht immer völlig bewußt sind. Es sei mir daher gestattet, auf die für den Chemiker wichtigsten Bestimmungen des FMG. und deren Bedeutung hinzuweisen.

Bei meinen Ausführungen möchte ich nun namentlich die folgenden Fragen behandeln:

1. Bei der Durchführung welcher futtermittelgesetzlichen Bestimmungen kommt eine Mitwirkung des Chemikers hauptsächlich in Betracht?
2. Was ist im Hinblick auf die Bestimmung des § 2 FMG. unter einer Gesamtanalyse zu verstehen?
3. Von welchen Untersuchungsstellen dürfen derartige Analysen ausgeführt werden?
4. Welche Bedeutung hat die Gesamtanalyse
   a) bei der Anmeldung von Futtermitteln gemäß § 2 FMG.,
   b) für den Käufer sowie für den Hersteller von Futtermitteln?
5. Was ist im Hinblick auf die Bestimmung des § 7 FMG. unter einer Schiedsanalyse zu verstehen?
6. Wer ist zur Ausführung einer solchen Analyse berechtigt?

Wenn ich mich nun der Beantwortung der ersten Frage zuwende, so muß ich hierbei namentlich auf die Bestimmungen der §§ 2, 6, 7 und 8 FMG. hinweisen.

Nach § 2 FMG. müssen alle neuen Futtermittel, d. h. solche, die vor dem 1. November 1927 noch nicht im Verkehr waren, vorher bei einer vom Herrn Reichsminister für Ernährung und Landwirtschaft bestimmten Stelle, nämlich der Reichsregisterstelle für Futtermittel, Berlin SW 11, Prinz-Albrecht-Straße 3*), zur Eintragung in ein dafür vorgesehenes Register angemeldet werden.

*) jetzt Berlin NW 7, Luisenstr. 36

Diesem Antrag ist u. a. auch eine Gesamtanalyse beizufügen. — Demnach liegt in der Anfertigung dieser Analyse die erste Aufgabe des Chemikers, an der Durchführung des FMG. mitzuwirken.

§ 6 FMG. betrifft sodann die handelsübliche Reinheit und Unverdorbenheit der Futtermittel. Es ist ja ganz selbstverständlich, daß diese nur durch einen Chemiker festgestellt werden können.

Die §§ 7 und 8 handeln schließlich u. a. auch davon, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, wenn die durch die erste Untersuchung festgestellten Gehalte gegen die Garantie eine bestimmte Abweichung zeigen, oder Streit über die Reinheit oder Unverdorbenheit der betreffenden Futtermittel besteht. Es ist selbstverständlich, daß auch diese Kontrolluntersuchungen, die sog. Schiedsanalysen, ebenso wie die erste nur unter Mitwirkung von Chemikern ausgeführt werden können.

Während die Antwort auf die erste der von mir hier aufgeworfenen Fragen sich leicht aus den gesetzlichen Bestimmungen herleiten läßt, bietet die Beantwortung der zweiten, was unter einer Gesamtanalyse zu verstehen ist, schon mancherlei Schwierigkeiten. Auch die hierüber mehrfach eingelaufenen Anfragen beweisen einwandfrei, daß hinsichtlich dieser Frage auch in Fachkreisen noch erhebliche Unklarheiten bestehen.

Ganz allgemein läßt sich diese Frage dahin beantworten, daß als Gesamtanalyse nur eine vollständige, d. h. auf 100% auslaufende, chemische sowie eine botanisch-mikroskopische Untersuchung angesprochen werden kann.

Worauf sich die chemische Untersuchung zu erstrecken hat, wird in jedem Fall von der Zusammensetzung des betreffenden Futtermittels abhängen. Bei den Futterstoffen, die organischen Ursprungs sind, oder die aus solchen hergestellt sind, also bei den sog. „Mischfuttern", wird die chemische Untersuchung in erster Linie folgende Bestimmungen umfassen müssen: Wasser, Protein, Fett, Rohfaser, Asche und Stickstofffreie Extraktstoffe. — Ob in der Asche bespielsweise auch noch der Sandgehalt bestimmt werden muß, wird von der Höhe des überhaupt festgestellten Gehaltes an Mineralbestandteilen abhängen. Hingewiesen sei daher hier noch darauf, daß z. B. bei den aus mehreren Gemengteilen bestehenden Futtermitteln nach § 93 der Verordnung zur Durchführung des FMG. der Sandgehalt deklariert werden muß, sofern er 1% übersteigt.

Ferner bestimmt § 86 der gleichen Verordnung, daß bei Futtermitteln, die Melasse enthalten, der Zuckergehalt zu garan-

tieren ist. Diese Garantie muß nach einer Entscheidung des Herrn Reichsministers für Ernährung und Landwirtschaft auch dann geleistet werden, wenn dieser Melassezusatz sehr gering ist, z. B. auch nur Zehntel Prozent, auf das fertige Futtermittel berechnet, beträgt. Sehr oft unterbleibt in diesen Fällen in Hinblick auf die Unmöglichkeit der genauen Bestimmung der nur aus der Melasse stammenden Zuckermengen diese Feststellung. Derartige Analysen können für Eintragungszwecke nicht verwandt werden und müssen vielmehr zwecks Vervollständigung durch eine Zuckerbestimmung an den Antragsteller zurückgereicht werden.

In neuerer Zeit werden den Futtermitteln oft auch Zusätze von jodhaltigen Stoffen, wenn auch nur in geringen Mengen, gegeben. Hier ist es natürlich nicht immer notwendig und auch chemisch nicht möglich, diesen Zusatz quantitativ zu bestimmen; in der Mehrzahl der Fälle wird ein qualitativer Nachweis genügen. Welche weiteren Bestimmungen, und zwar ob quantitativ oder nur qualitativ, gegebenenfalls noch auszuführen sind, läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden.

Sehr schwierig ist die Beantwortung der Frage, worauf sich die Untersuchung bei den oft aus den verschiedensten mineralischen Stoffen bestehenden Mischungen zu erstrecken hat. Allgemein gültige Regeln lassen sich hier kaum geben, vielmehr wird der die Untersuchung ausführende Chemiker jeweils entscheiden müssen, welche Bestimmungen er auszuführen hat.

In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich bei den in den Verkehr gebrachten Mischungen zwar um gewürzte Futterkalkmischungen. Unter der Voraussetzung, daß es sich nur um eine ganz einfache, die aus kohlensaurem sowie phosphorsaurem Futterkalk und Würzstoffen besteht, handelt, wären folgende Bestimmungen auszuführen: Wasser, Kohlensäure, Gesamt- und citratlösliche Phosphorsäure nach *Petermann*, Gesamtkalk und gegebenenfalls Sand. Die Bestimmung des in Salzsäure Unlöslichen, also von Sand und Ton, hat bei diesen Mischungen insofern eine besondere Bedeutung, als bei einem 1 % übersteigenden Gehalt an diesen Stoffen fast immer angenommen werden kann, daß es sich bei dem kohlensauren Kalk nicht um einen Stoff handelt, der nach § 64 der Verordnung zur Durchführung des FMG. so benannt werden darf, sondern vielmehr um ein Kalksteinmehl bzw. eine Rohkreide, die auch so bezeichnet werden müßten.

Die Art der Würzstoffe wäre schließlich durch eine botanisch-mikroskopische bzw. makroskopische Untersuchung festzustellen, über die ich mich nun noch mit wenigen Worten äußern möchte.

Durch die vorgenannte Untersuchung sollen naturgemäß nur die einzelnen zur Herstellung des betreffenden Futtermittels verwandten Futterstoffe, die in erster Linie organischen Ursprungs sein werden, nachgewiesen werden, nicht aber auch deren Hundertsätze, was ja auch im Hinblick auf die oft sehr große Zahl der einzelnen Gemengteile sowie die Art des mikroskopischen Untersuchungsverfahrens unmöglich ist. Durch den Nachweis der einzelnen Bestandteile in Verbindung mit der chemischen Untersuchung wird bei der Nachprüfung im allgemeinen stets erkannt werden können, ob die angegebene Zusammensetzung annähernd richtig ist oder nicht. — Nur bei Futtermitteln, die aus un- oder wenig zerkleinerten Samen, Ölfrüchten usw. bestehen und bei denen sich die einzelnen Bestandteile schon makroskopisch erkennen lassen, ist auch die Bestimmung der ungefähren Hundertsätze erwünscht.

Die Antwort auf die Frage, welche Untersuchungsstellen zur Ausführung der Analysen zugelassen sind, ergibt sich aus den Bestimmungen der §§ 2 und 8 FMG. Hiernach können die vorerwähnten Analysen nur ausgeführt werden:

1. von deutschen staatlichen oder unter öffentlicher Aufsicht stehenden landwirtschaftlichen Kontroll- (Versuchs-) Stationen oder
2. von deutschen beeidigten Handelschemikern.

Näher brauche ich mich über diese Untersuchungsanstalten in diesem Kreise nicht auszulassen, da es jedem der Kollegen ja zur Genüge bekannt ist, was darunter zu verstehen ist. — Hinweisen möchte ich hier allerdings noch darauf, daß diese futtermittelgesetzliche Regelung nicht bei allen an der Ausführung solcher Analysen interessierten Kreise große Gegenliebe gefunden hat. Die verschiedenen Städtischen Untersuchungsämter sowie die Besitzer öffentlicher Laboratorien, die beispielsweise approbierte Nahrungsmittelchemiker, aber nicht beeidete Handelschemiker sind, empfinden es als große Härte, die auch schon zu Beschwerden an die zuständigen Ministerien usw. geführt hat, daß ihre Anstalten nicht auch derartige Untersuchungen ausführen dürfen. Infolgedessen haben einige Leiter der genannten Untersuchungsämter sich bzw. einen an ihrer Anstalt tätigen Chemiker nebenher noch als Handelschemiker vereidigen lassen,

so daß in diesem Falle die von dem betreffenden Chemiker ausgeführte Analyse auch für Anmeldungszwecke verwandt werden kann.

In der Bestimmung, daß die Futtermittelanalysen nur durch Anstalten, die zu der Landwirtschaft oder zu dem Handel in engster Beziehung stehen und die auf diesem Gebiet über besondere Erfahrungen verfügen, wie dies bei der Ausführung der Schiedsanalysen, auf die ich nachdem noch zu sprechen kommen werde, in noch viel schärferem Maße zum Ausdruck kommt, ausgeführt werden dürfen, muß eine Analogie zum Lebensmittelgesetz erblickt werden. Auch hier dürfen die betreffenden Untersuchungen bekanntlich nur durch approbierte Nahrungsmittelchemiker, also durch Chemiker mit Sondererfahrungen, vorgenommen werden.

Nun wende ich mich der Besprechung der wichtigsten Frage, nämlich der, welche Bedeutung der Gesamtanalyse, und zwar einmal bei der Anmeldung und zum anderen vom Gesichtspunkt des Käufers und des Herstellers aus, beizumessen ist, zu.

Zunächst möchte ich hierbei betonen, daß die Bedeutung dieser Analyse von verschiedenen Untersuchungsstellen noch vollständig verkannt zu werden scheint. Nach meiner Ansicht herrscht noch vielfach — wenn ich hierbei nur die für Anmeldungszwecke ausgeführten Analysen berücksichtige — die Ansicht vor, daß es genügt, wenn für diesen Zweck eine Analyse mit irgendwelchen Werten vorgelegt wird. Eine Nachprüfung derselben halten diese Kreise scheinbar mangels sachverständiger Persönlichkeiten für unmöglich.

Daß diese Auffassung tatsächlich teilweise herrschen muß, dafür werde ich nachdem einige Beispiele bringen.

Jetzt möchte ich zunächst nur darauf hinweisen, daß die vorerwähnte Annahme falsch ist. Gerade um feststellen zu können, ob die bei der Anmeldung neuer Futtermittel seitens des Herstellers gemachten Angaben auch den Tatsachen entsprechen, ist durch § 2 FMG. bestimmt, daß hierbei eine Gesamtanalyse vorgelegt werden muß. Diese Forderung wäre natürlich zwecklos, wenn nicht auch sachverständige Persönlichkeiten da wären, die eine solche Analyse entsprechend werten könnten.

Selbstverständlich ist es nun, daß bei der Beurteilung der Untersuchungsberichte gewisse Gehaltsschwankungen zugelassen werden müssen. Bei der Mehrzahl der Futtermittel handelt es sich um solche, die aus mehreren Gemengteilen bestehen, die wiederum in ihren Gehalten in gewissen Grenzen Unterschiede

aufweisen. Dies muß naturgemäß alles entsprechend berücksichtigt werden und wird es auch! Andererseits ist es aber auch erforderlich, daß die Untersuchungsstellen die die Anmeldung entgegennehmende Behörde durch Analysen unterstützen, die sowohl in chemischer Beziehung, als auch in botanischer Hinsicht ganz einwandfrei ausgeführt sind. Leider ist dies sehr oft nicht der Fall, wofür ich nur einige Beispiele, die noch aus der allerletzten Zeit stammen, anführen möchte.

Zunächst einen Hinweis auf die botanische Untersuchung. In sehr vielen Fällen werden die Angaben der Hersteller, daß das Futtermittel eine bestimmte Zusammensetzung hat, wahllos in die Untersuchungsberichte aufgenommen. Daß in den hier aufgeführten und in ähnlichen Fällen eine botanische Untersuchung nicht stattgefunden hat, geht wohl auch daraus hervor, daß oft Stoffe, die nur mit $^1/_{10000}$% in dem Futtermittel enthalten und die auf mikroskopischem Wege überhaupt nicht zu identifizieren sind, nachgewiesen werden. Aber auch wenn dem Einsender der Probe insofern bei seinen Angaben über die Zusammensetzung Irrtümer unterlaufen, daß in denselben Schreibfehler enthalten sind, oder daß die die Schreibarbeit ausführende Person infolge Unkenntnis Stoffe mit Bezeichnungen belegt, die es gar nicht gibt, werden auch diese Angaben sehr oft in die Analysenatteste übernommen. Hierhin gehört z. B. auch, wenn auf den Attesten bei der mikroskopischen Untersuchung zum Ausdruck gebracht wird, daß ein Gemengteil einem besonderen Verfahren, z. B. einer Extraktion, unterworfen war, obwohl sich dies ja nicht durch die botanische Untersuchung, sondern vielmehr erst aus der chemischen Untersuchung ergeben kann.

Ich nehme an, daß Sie nach dieser Darstellung meiner Auffassung, daß eine solche botanische Untersuchung für den angegebenen Zweck keinen oder nur einen äußerst geringen Wert hat, beipflichten werden!

Viel stärker wird aber auf chemischem Gebiet gesündigt! Die Anzahl der Fälle, in denen einfach unmögliche Gehalte attestiert werden, ist so groß, daß ich sie selbstverständlich nicht alle hier aufführen kann. Ich will mich daher darauf beschränken, hier nur einige besonders krasse vorzutragen.

Für ein Kaninchen-Mischfutter errechnete ich auf Grund der angegebenen Zusammensetzung 22,0% Protein und 2,49% Fett. Der untersuchende Chemiker fand zunächst 30,0% Protein und 1,4% Fett. Auf meine Reklamation ergab eine neue Untersuchung desselben Futtermittels folgende Gehalte: Protein 22,4%

und 1,7% Fett; es wurden also die theoretischen Werte voll und ganz bestätigt. Hierzu schreibt das Laboratorium u. a. noch folgendes:

„Wenn Sie auch bei Ihrer theoretischen Berechnung hinsichtlich des Proteingehaltes Mittelwerte annehmen, so kommt man bei der Berechnung auch dann nicht auf 30%, wenn man die höchsten Proteinwerte der zugesetzten Stoffe annimmt. Um auch den Grund für den ermittelten hohen Proteingehalt zu klären, haben wir die Probe nochmals einer gründlichen mikroskopischen Prüfung unterworfen, und wir kommen auf Grund dieser Arbeit zu der Vermutung, daß Leinkuchen und Sojaextraktionsschrot in einem höheren Prozentsatz vorliegen, als angegeben.“

Hierbei ist aber ganz besonders zu berücksichtigen, daß auf dem ersten Untersuchungsbericht die genaue Zusammensetzung und eine Bestätigung darüber, daß diese auch eingehalten sei, aufgeführt waren. Notgedrungen muß man daher m. E. auf Grund der in dem Schreiben gemachten Ausführungen zu dem Schluß kommen, daß die erste Untersuchung wenig sorgfältig ausgeführt war.

Der zweite Fall betrifft eine aus

45% kohlensaurem Kalk,	5 % Bockshornsamenpulver,
25% phosphorsaur. Futterkalk,	4,8% Kochsalz und
20% Knochenschrot,	0,2% ätherischen Ölen

bestehende Mischung. In dieser wurden u. a. nur 5,2% citratlösliche Phosphorsäure gefunden. Diese würden etwa 13,5% phosphorsaurem Futterkalk entsprochen haben, selbst wenn man hierbei nicht berücksichtigt, daß im allgemeinen auch ein kleiner Teil der aus dem Knochenschrot stammenden Phosphorsäure citratlöslich ist. — Selbstverständlich konnte unter diesen Umständen eine Eintragung der Mischung zunächst nicht vorgenommen werden.

Das Laboratorium, das auch hier wieder zum Ausdruck gebracht hatte, daß die aufgeführte Zusammensetzung bestätigt sei, versuchte nun die Differenz dadurch zu erklären, daß es geltend machte, daß in der betreffenden Mischung bei Gegenwart geringer Feuchtigkeitsmengen eine Umsetzung zwischen kohlensaurem Kalk und Dicalciumphosphat in der Weise eintritt, daß das letztere in Tricalciumphosphat übergeht. — Dieser Einwand wurde natürlich von mir als nicht zutreffend abgelehnt. Darauf wurde dann ein neuer Untersuchungsbefund vorgelegt, der zu keiner Beanstandung mehr Veranlassung gab.

Als 3. Beispiel möchte ich noch die Untersuchung eines Futtermittels anführen, in dem nach meiner Berechnung u. a. auch rund 9% Fett enthalten sein mußten. Gefunden wurden aber zunächst 16,90%, bei einer Nachuntersuchung aber nur 4,90%! Beide Befunde lehnte ich als mit der angegebenen Zusammensetzung nicht übereinstimmend ab. Darauf erschien ein Herr der betreffenden Untersuchungsstelle und versuchte, eine Einigung herbeizuführen, was natürlich nicht möglich war. — Obwohl dieser Fall schon längere Zeit zurückliegt, hat er bisher noch keine Erledigung gefunden. Für den betreffenden Futtermittelhersteller hat diese nicht einwandfreie Analyse die Wirkung, daß er sein Futtermittel noch nicht in den Verkehr bringen kann, da bisher eine ordnungsmäßige Anmeldung noch nicht vorliegt.

Da ich annehme, daß auch der nachstehende Fall für Sie Interesse hat, möchte ich auch über diesen noch kurz berichten. Bei der im Beispiel 3 erwähnten Unterredung mit einem Angestellten eines Untersuchungslaboratoriums wurde auch eine Analyse einer Futterkalkmischung vorgelegt mit der Bitte um Stellungnahme, ob dieselbe zu beanstanden sei. Als ich dies bejahte, da die Umrechnung aus der gefundenen Phosphorsäure auf Dicalciumphosphat nicht stimmen könne, war der betreffende Herr sehr erstaunt und meinte, daß man doch 1 Mol. P_2O_5 = 1 Mol. $CaHPO_4$ setzen müsse. Meine Gegenfrage war nun die, ob er Chemiker sei, eine Frage, die zunächst seinerseits bejaht wurde. Durch weitere Fragen stellte ich dann aber fest, daß der betreffende Herr nur Chemotechniker war und von den einfachsten Grundbegriffen der Chemie keine Ahnung hatte. — Es ist sehr zu bedauern, daß solchen Leuten die Ausführung von Analysen, von deren Richtigkeit allerlei abhängt, überlassen wird. Ich will aber hoffen, daß es sich bei diesem hier geschilderten Vorkommnis nur um einen Einzelfall handelt!

Um Ihre Aufmerksamkeit nicht über Gebühr in Anspruch zu nehmen, möchte ich es bei der Wiedergabe dieser Fälle bewenden lassen. Ich hoffe, daß Sie auch bei dieser kleinen „Blütenlese" sich der Richtigkeit meiner Ausführungen, daß die Wichtigkeit der Analysen in sehr vielen Fällen unterschätzt wird, nicht verschließen werden.

Nicht unerwähnt lassen möchte ich noch, daß bei durch mich erfolgten Bemängelungen von Analysen mir öfter folgendes, gewissermaßen als Entschuldigung, entgegengehalten wurde. Es gäbe Laboratorien, die Gesamtanalysen zu 9 bis 12,— RM. ausführen. Diese Maßnahme zwänge auch andere Untersuchungs-

stellen dazu, in diesen Preis einzutreten, zu dem sich aber eine einwandfreie Analyse nicht ausführen lasse. Wenn ich auch den Ausführungen hinsichtlich des Preises durchaus zustimme, so kann ich andererseits den erwähnten Einwand nicht als Entschuldigung gelten lassen, sondern hierin nur einen Beweis dafür sehen, daß es manche Kollegen mit den von ihnen beschworenen Berufspflichten nicht ernst genug nehmen. Ich bedauere es sehr, einem Teil der Kollegen hier einen Vorwurf machen zu müssen, andererseits halte ich es aber für meine Pflicht, auf diese unhaltbaren Zustände hinzuweisen, damit dieselben im Dritten Reich schnellstens beseitigt werden.

Aber die bei der Anmeldung eines Futtermittels eingereichte Analyse hat nicht nur hierfür Bedeutung, sondern vielmehr auch dafür, daß man beispielsweise, wenn bei einer Nachuntersuchung sich erhebliche Abweichungen ergeben, hieraus wird folgern können, ob entweder die Zusammensetzung geändert ist oder ob etwa geringwertigere Rohmaterialien zur Herstellung Verwendung gefunden haben.

Von sehr erheblicher Bedeutung ist es aber ferner auch für den Käufer und ebenso für den Hersteller des betreffenden Futtermittels, daß tatsächlich eine in jeder Beziehung einwandfreie Analyse vorliegt. Wird nämlich durch eine Untersuchung beispielsweise ein höherer Gehalt attestiert, als ihn das Futtermittel seiner Zusammensetzung nach normalerweise haben kann, so wird der Verkäufer natürlich auch bis zum gewissen Grade diesen Gehalt an wertbestimmenden Bestandteilen der Preisbemessung zugrunde legen. Demnach tritt hierdurch eine Schädigung des Käufers, des Landwirtes, ein. Zwar könnte der Käufer, wenn durch eine Nachuntersuchung ein Mindergehalt festgestellt wird, den Verkäufer hierfür zivilrechtlich in Anspruch nehmen, aber es ist ja zur Genüge bekannt, daß bisher die Landwirte, und namentlich die kleineren, noch verhältnismäßig selten derartige Nachuntersuchungen ausführen lassen. Es ist infolgedessen damit zu rechnen, daß in dem von mir gewählten Beispiel immerhin eine recht erhebliche Schädigung der Verbraucher eintreten kann.

Ebenso wie nun der Verkäufer für den dem Käufer durch Ansatz zu hoher Gehalte an Nährstoffen verursachten Schaden zivilrechtlich in Anspruch genommen werden kann, kann er aber außerdem noch strafrechtlich belangt werden. § 98 der Verordnung zur Durchführung des FMG. bestimmt nämlich z. B., daß die Abweichung bei Protein nur 2% und bei Fett 1,5% betragen darf. Werden diese Latitüden überschritten, so muß der

Verkäufer auch mit einer strafrechtlichen Verfolgung rechnen. Zwar könnte er hierbei, sofern er sich nur an das Analysenergebnis gehalten hat, geltend machen, daß er im guten Glauben gehandelt hat, in welchem Falle er straffrei bliebe. Aber unangenehm ist ein derartiges Verfahren immerhin!

Ich hoffe durch diese kurzen Darlegungen Ihnen bewiesen zu haben, daß der Gesamtanalyse eines Futtermittels nicht nur eine formale Bedeutung zukommt, sondern auch, daß sich aus einer mit nicht genügender Sorgfalt ausgeführten Untersuchung für alle Beteiligten recht unangenehme Weiterungen ergeben können.

Nunmehr möchte ich noch kurz auf die Schiedsanalysen und die Stellen, die zur Ausführung derartiger Untersuchungen berechtigt sind, zu sprechen kommen.

Ergibt sich bei der Nachuntersuchung von Futtermitteln Streit über die zugesicherten Gehalte oder über die Reinheit oder Unverdorbenheit derselben, so steht nach § 7 FMG. dem Veräußerer das Recht zu, eine Kontrolluntersuchung ausführen zu lassen und hierfür auch die Untersuchungsstelle zu bestimmen. Wird auch durch diese Untersuchung festgestellt, daß der Spielraum überschritten ist, oder kommt eine Einigung unter den Parteien über die Berechnung des Mindergehaltes nicht zustande, oder besteht schließlich der Streit über Reinheit und Unverdorbenheit des Futtermittels noch weiter, so hat der Veräußerer oder auch der Erwerber das Recht, eine Schiedsuntersuchung zu verlangen. Die Untersuchungsstelle bestimmt der Veräußerer.

Worauf sich diese Schiedsuntersuchung zu erstrecken hat, wird davon abhängen, worüber bei dem betreffenden Futtermittel Streit entstanden ist.

Durch § 8 FMG. wird die Frage, welche Anstalten Schiedsuntersuchungen vornehmen dürfen, dahin beantwortet, daß diese im allgemeinen nur durch staatliche oder unter öffentlicher Aufsicht stehende Kontrollstationen ausgeführt werden sollen. Werden dagegen hierüber zwischen den Parteien besondere Vereinbarungen (z. B. im Schlußschein) getroffen, so kann auch mit der Durchführung der betreffenden Analyse ein deutscher vereidigter Handelschemiker betraut werden.

Ganz besonders hinweisen möchte ich zum Schluß an dieser Stelle noch darauf, daß bei sämtlichen Untersuchungen die vom Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reich aufgestellten Untersuchungsmethoden angewandt werden müssen, es sei denn, daß die Reichsregierung etwas anderes bestimmt.

Mit meinen vorstehenden Ausführungen habe ich in Kürze die Hauptsachen erwähnt, die es dem Chemiker möglich machen, auch seinerseits an der Durchführung des FMG., das in erster Linie zum Schutz der deutschen Landwirtschaft erlassen ist, mitzuwirken. Hiermit sind aber noch nicht sämtliche Maßnahmen erschöpft, vielmehr gibt es deren noch mehrere, deren Erwähnung ich mir allerdings aus dem Grunde versagen möchte, weil bei deren Durchführung dadurch große Schwierigkeiten bereitet werden würden, daß die Untersuchung und Begutachtung von Futtermitteln nicht asuschließlich in den Händen von staatlichen Anstalten liegt. Die Durchführung nachstehender Maßnahmen, durch die die betreffenden Regierungsstellen bis zum gewissen Grade unterstützt würden, dürfte aber allen Untersuchungsanstalten möglich sein. Es handelt sich hierbei um folgende:

1. Sollten durch die Untersuchung die vom Hersteller gemachten Angaben über die Zusammensetzung nicht bestätigt werden, so wäre er hierauf seitens der betreffenden Untersuchungsstelle aufmerksam zu machen;
2. bei Erteilung des Auftrages auf Untersuchung eines Futtermittels wäre festzustellen, ob es sich um ein „neues", für das die Anmeldepflicht nach § 2 FMG. gegeben ist, handelt. Sollte dies zutreffen, so wäre der Auftraggeber auf die Anmeldepflicht und bei Außerachtlassung derselben auf die ihm gegebenenfalls drohenden und ziemlich erheblichen Strafen hinzuweisen.

Weiter Momente für eine praktische Mitarbeit an der Durchführung der futtermittelgesetzlichen Bestimmungen im Rahmen der den einzelnen Anstalten zugewiesenen Aufgaben würden sich sicher noch bei einem genaueren Studium dieses Gesetzes ergeben.

Damit bin ich am Ende meiner Ausführungen, die ich mit folgendem kurzen Hinweis schließen möchte. Es ist Ihnen allen bekannt, daß unser Führer *Adolf Hitler* den deutschen Bauern als die Keimzelle des deutschen Volkes bezeichnet hat und daß sein Bestreben darauf gerichtet ist, gerade diesem Stand auf jede nur mögliche Art und Weise zu helfen. Ich möchte daher mit der Bitte schließen, daß auch Sie sich in der von mir kurz angedeuteten Weise in den Dienst dieser Aufgabe stellen und, soweit Ihnen dies im Hinblick auf Ihre Berufstätigkeit möglich ist, dazu beitragen, daß die weitere Forderung unseres Führers, daß Gemeinnutz vor Eigennutz zu gehen hat, auch auf dem Gebiet des Futtermittelhandels möglichst bald und restlos zur Durchführung gelangt. Heil Hitler!

Der Stand der Tierernährungslehre in Deutschland.

Von Prof. Dr. WERNER WÖHLBIER.

Die Lehre von der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere hat einmal die Aufgabe, die Nährstoffbedürfnisse unserer Tiere festzustellen, und zum andern, eine Beurteilung des Nährwertes der Futtermittel vorzunehmen. Zu diesem Zweck ist ein Eingehen auf die verschiedenen Stoffwechselvorgänge unerläßlich. Die landwirtschaftlichen Nutztiere können die von ihnen erwarteten Leistungen nur dann erfüllen, wenn ihre Ernährung der Menge und der Art der Nährstoffe nach ausreichend ist. Hieran zu arbeiten ist die Forschungsaufgabe der Tierernährungslehre.

Die Leistungen unserer Nutztiere sind mannigfacher Art. Einmal verlangt man von ihnen Arbeitsleistungen und zum andern die Erzeugung tierischer Stoffe, wie den Ansatz von Fleisch und Fett während Wachstum und Mast oder die Bildung von Wolle, Milch usw. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß je nach dem Alter der Tiere und je nach der erwarteten Leistung die Nahrungsansprüche verschieden sein müssen. Es kommt nun aber nicht nur allein darauf an, den Nährstoffbedarf der Tiere festzustellen und den Nährwert der verabreichten Futtermittel festzulegen, sondern es muß darüber hinaus dafür Sorge getragen werden, daß der Gesundheitszustand und die Leistungsfähigkeit der Tiere erhalten bleiben. Übertriebene Höchstleistungen bringen die Gefahr mit sich, daß die Organe der Tiere über Gebühr in Anspruch genommen werden und so in ihrer Lebensdauer und in ihrer Wirksamkeit nachteilig beeinflußt werden. Weiterhin ist der Bekömmlichkeit der Futterzusammenstellungen Aufmerksamkeit zu schenken, da hiervon das Wohlbefinden der Tiere weitgehend abhängig ist und von diesem Wohlbefinden wiederum die Leistungsfähigkeit. Die Tierernährungslehre kann deshalb nicht nur eine rein chemische Betrachtungsweise ausüben, sondern hat auch auf verschiedene nicht gerade immer analytisch genau feststellbare Umstände Rücksicht zu nehmen. Natürlich soll damit nicht gesagt sein, daß die rein stoffliche Betrachtungsweise nicht notwendig wäre. Im Gegenteil, diese wird immer die Grundlage bilden, auf welcher weitere Fortschritte angestrebt werden müssen. Wenn im nachfolgenden in erster Linie auf die stofflichen und energetischen Fragen der Tierernährungslehre näher eingegangen wird, so soll damit die Bedeutung der anderen angeführten Gesichtspunkte nicht geschmälert sein.

Der Nährstoffbedarf der Tiere kann einmal durch die Energiemengen der Futterstoffe ausgedrückt werden und zum andern durch die chemische Beschaffenheit der Nährstoffe. Wenn wir zunächst auf den Energiehaushalt eingehen, so ist seinerzeit von *O. Kellner* versucht worden, Standardzahlen zu schaffen, um aus Verdaulichkeit und Zusammensetzung des Futtermittels auf die nutzbare Energie zu schließen, d. h. also den Stärkewert zu bestimmen. Diese Zahlen sind mit Hilfe von Respirationsapparaten gewonnen worden. Notwendig ist für eine derartige Berechnung, daß man den Wirkungswert der verschiedenen verdaulichen Nährstoffe kennt, und weiterhin, daß man die spezifischen Eigenarten des Futtermittels, welche eine Verminderung des Stärkewertes bedingen, wenigstens dem Grad ihrer Wirkung nach festgelegt hat, d. h. also, man muß die Wertigkeit eines Futtermittels kennen. Die Bestimmung des Stärkewertes aus Verdaulichkeit und Zusammensetzung eines Futtermittels ist also mit gewissen Schwierigkeiten verbunden, worüber sich die Forscher nach *O. Kellner* wohl klar gewesen sind. *O. Kellner* hat in erster Linie die Verminderung des Stärkewertes als Folge einer geringeren Wertigkeit auf die vermehrte Anhäufung von Rohfaser und der damit verbundenen vermehrten Kautätigkeit zurückgeführt. Aber auch andere Stoffe erleiden einen Energieverlust bei der Umwandlung im Tierkörper, selbst wenn sie keine Rohfaser enthalten und somit vermehrte Kautätigkeit nicht vorliegt. Dies sind die zuckerartigen Stoffe, welche nur eine Wertigkeit von 75 statt 100 besitzen. Weiterhin wissen wir, was allerdings auch *O. Kellner* schon betonte, daß Amide, also auch hydrolysiertes Eiweiß, als Energieträger nicht in Frage kommen. Neuere Untersuchungen von *G. Fingerling* haben weiterhin ergeben, daß die Wertigkeit nicht allein von der Menge der vorhandenen Rohfaser abhängig ist, sondern auch vom Aufbau, also dem Grad der Verholzung derselben. Damit sind die Zahlen von *O. Kellner*, welche die Berechnung der Wertigkeit bei Grünfutter aus dem Gehalt an Rohfaser ermöglichten, sehr unsicher geworden. Wenn trotz dieser Bedenken doch immer wieder der Versuch gemacht worden ist, ohne den Respirationsversuch lediglich aus Verdaulichkeit und Zusammensetzung des Futtermittels den Stärkewert zu berechnen, so hat man es vor allem deswegen getan, weil man zunächst wenigstens einigermaßen brauchbare Annäherungswerte bekommen wollte. Handelte es sich um Futtermittel, deren Wertigkeit einwandfrei festgelegt war und die in ihrer Zusammensetzung nicht allzu wesentlich von den im Respirationsversuch

geprüften Futtermitteln abwichen, so konnte man auf diesem Wege zu durchaus brauchbaren Zahlen gelangen. Waren es dagegen neuere Futtermittel, die im Respirationsversuch noch nicht geprüft waren, so schwebte man bei der Berechnung des Stärkewertes völlig in der Luft. Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, wenigstens annähernd zu einem Ergebnis zu kommen. So haben z. B. *F. Honcamp* u. a. den Weg beschritten, mit Hilfe von Mästungsversuchen und Milchviehfütterungsversuchen einen Überblick über das Energielieferungsvermögen der Futtermittel zu gewinnen. Selbstverständlich kann man auf diesem Wege nur dann zu brauchbaren Werten kommen, wenn eine große Anzahl gleicher Versuche durchgeführt wird, um durch Mittelbildung Zufälligkeiten auszuschalten. Beim Fehlen eines solchen nicht ganz einfach zu bedienenden und teuren Respirationsapparates dürfte außer diesem Wege kaum eine andere Möglichkeit zur Bestimmung des Futterwertes in Frage kommen. In großem Umfange hat *Nils Hansson* ja diesen Weg beschritten und damit auch ganz beachtliche Erfolge erzielt. Letzten Endes muß man sich aber darüber klar sein, daß mit größerer Genauigkeit der Stärkewert nur im Respirationsversuch festgestellt werden kann. Bei der Wichtigkeit dieser Frage dürfte es deshalb notwendig sein, daß die vorhandenen Apparate in Deutschland wieder voll in Betrieb genommen werden.

Weiter gefördert sind die grundlegenden Forschungen *O. Kellners* über die Verwertung der nutzbaren Energie. So ist in Versuchen von *G. Fingerling* festgestellt worden, daß das Schwein die nutzbare Energie eines Futtermittels sehr viel höher verwertet als das Rind. Beim Rind treten nämlich bei der Umwandlung der Energie der Futterstoffe in tierische Leistungen Verluste auf, die nicht unerheblich sind. Diese Verluste hat man auf die Gärungsvorgänge im Wiederkäuermagen zurückgeführt. Es scheint aber sehr fraglich, ob damit diese Erscheinung hinreichend erklärt ist.

O. Kellner ging bei der Feststellung des Energielieferungsvermögens der Nährstoffe von Tieren aus, die sich im Nährstoffgleichgewicht befanden. Die zu untersuchenden Nährstoffe wurden dann der Futterration zugelegt und der Fettansatz bestimmt. Von den amerikanischen Forschern ist ein etwas anderer Weg eingeschlagen worden. Diese stellten nämlich fest, wieviel Körperfett vor dem Zerfall bewahrt werden kann, wenn man das zu untersuchende Futtermittel den Tieren verabreicht. Durch diese verschiedene Betrachtungsweise können Unterschiede

in der Bewertung des Energielieferungsvermögens von Futtermitteln bzw. Nährstoffen eintreten. Sehr wertvolle Beiträge zu dieser Frage sind in letzter Zeit von *G. Wiegner* geliefert worden. Er konnte nachweisen, daß streng genommen der Stärkewert für die Berechnung von Futterzusammenstellungen nur genommen werden kann, wenn es sich um die Fettmast erwachsener Ochsen handelt. Da heute aber vorwiegend die Mast junger Tiere betrieben wird, wo neben Fettansatz der Eiweißansatz eine große Rolle spielt, muß die energetische Bewertung eine andere sein. *G. Wiegner* konnte zeigen, daß der Energiegewinn bei der Mast junger Tiere anders zu beurteilen ist als bei der reinen Fettmast.

Neben diesen Fragen über den Energiehaushalt der Tiere spielt die Frage nach der Art der Futterstoffe, oder besser Nahrungsstoffe, eine ausschlaggebende Rolle. So wissen wir heute, daß der Eiweißbedarf der Tiere nicht ein Bedarf an präformiertem Eiweiß ist, sondern ein Bedarf an Aminosäuren. Die Versuche haben ergeben, daß vollständig hydrolysiertes Eiweiß für den Aufbau der eiweißhaltigen Substanz als vollwertig anzusehen ist. Wenn nun der Eiweißbedarf ein Bedarf an Aminosäuren ist, so wird das erstrebenswerte Forschungsziel sein, auf der einen Seite den Gehalt der Futtermittel an Aminosäuren kennenzulernen, auf der anderen Seite aber zu bestimmen, welche Aminosäuren und in welchem Mengenverhältnis diese von den einzelnen Tierarten zur Erhaltung und zur Erzeugung tierischer Leistungen benötigt werden. Diese Fragen besitzen außerordentliche praktische Bedeutung, wenn man berücksichtigt, daß ein großer Teil unserer Futtermittel für die tierische Ernährung nicht als vollwertig anzusprechen sind. Natürlich darf nicht verkannt werden, daß diese Untersuchungen vielleicht noch schwieriger sind als Respirationsversuche, und daß ein vollgerütteltes Maß von chemischen und physiologischen Kenntnissen notwendig ist, um diese Fragen mit Erfolg bearbeiten zu können.

Eine andere Frage, welche noch der weiteren Klärung bedarf, ist die nach der „Vertretbarkeit" der einzelnen Nährstoffe in der Futterration. Schon von *O. Kellner* und *G. Fingerling* konnte gezeigt werden, daß die zur Erzeugung notwendige Eiweißmenge um fast ein Drittel vermindert werden kann, wenn der Stärkewert der Futterration durch nicht eiweißhaltige Stoffe wesentlich erhöht wird. Bei dieser Erscheinung hat man von eiweißsparender Wirkung der Kohlenhydrate gesprochen, ohne damit schon irgend etwas Bindendes über die dadurch bedingten

Stoffwechselvorgänge zu sagen. Eine Vertretbarkeit der Eiweißstoffe durch die Kohlenhydrate kommt wohl nur unter bestimmten Verhältnissen vor, nämlich dann, wenn Eiweißstoffe lediglich energetisch im Körper verwendet werden. Besonders wichtig sind zur Klärung dieser Frage die Versuche von *G. Fingerling* an Saugkälbern. Dieser Forscher konnte zeigen, daß mit zunehmendem Lebensalter bei Saugkälbern die Zusammensetzung der Muttermilch nicht mehr den Nährstoffbedürfnissen des Kalbes entspricht, wenigstens soweit es das Nährstoffverhältnis anlangt. Das wachsende Tier bedarf nämlich mit zunehmendem Lebensalter verhältnismäßig immer kleinerer Eiweißmengen oder umgekehrt, der Energiebedarf steigert sich mehr als der Eiweißbedarf. Wenn nun die Zusammensetzung der Milch dieselbe bleibt, dann ist das Tier genötigt, einen Teil der Eiweißstoffe zu energetischen Zwecken zu verbrauchen, die dann für den Aufbau des Körpers verlorengehen. Will man eine möglichst hohe Ausnutzung des Eiweißes erreichen, so ist die Beifütterung energiespendenden Materials, also vornehmlich wohl Kohlenhydrate, notwendig. Diese Frage ist in den letzten Jahren im *Ehrenberg*schen Institut wieder aufgegriffen und an Saugferkeln und Saugkälbern studiert worden. Die Wichtigkeit dieser Frage scheint mir sehr hervortretend zu sein. Es wäre jedenfalls wesentlich besser, hier weiterzuarbeiten, als den Ersatz von Vollmilch durch irgendwelche technischen Produkte zu prüfen. Eine Beifütterung normaler Futterstoffe zur Vollmilchnahrung ist eine durchaus naturgemäße Haltungsweise, mit der kräftige unf frohwüchsige Tiere gezogen werden können. Dagegen halte ich alle Versuche, an Stelle von Vollmilch Ersatzpräparate zu füttern, für abwegig, selbst wenn es sich um die Aufzucht von Schlachttieren handeln sollte.

Eiweißsparende Maßnahmen sind auch im Weidebetrieb möglich und notwendig. So haben Untersuchungen jungen Weidegrases ergeben, daß dieses einen außerordentlich hohen Eiweißgehalt besitzt. Das Verhältnis von Eiweiß zu nicht N-haltigen Stoffen ist in ihm so eng, daß selbst Tiere mit außerordentlich hohen Milchleistungen das Eiweiß nicht voll ausnutzen können. Es findet also eine Eiweißüberfütterung statt, die erstens überflüssig ist und zweitens den Tieren nur gesundheitsabträglich sein kann. Das starke Laxieren der Tiere auf junger Weide scheint mir ein Zeichen dafür zu sein, daß die Ernährung in unzuträglicher Weise erfolgt bzw. daß Störungen im Verdauungswege vorhanden sind. Die Folge davon ist, daß Erkrankungen

der Tiere eintreten können, die besonders häufig bereits in Holland beobachtet worden sind, aber auch schon wiederholt in Deutschland festgestellt werden konnten. Ob lediglich der hohe Eiweißgehalt hieran Schuld ist, erscheint nicht ganz sicher, und zwar deswegen nicht, weil hoher Eiweißgehalt im allgemeinen stopfend wirkt. Auf der anderen Seite sind die Erfolge, welche durch Zufütterung von kohlenhydratreichen Futterstoffen bei Weidegang erzielt wurden, bisher recht befriedigend ausgefallen, so daß die Aussicht besteht, auf diesem Wege weiterzukommen.

Wenn wir heute genau wissen, daß wir mit einer biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe zu rechnen haben, so hat es weiterhin den Anschein, als ob derartige Eigenschaften auch anderen Nährstoffgruppen zukommen. Es ist wiederholt die Behauptung aufgetaucht, daß die Kohlenhydrate je nach ihrer Art verschieden vom Tierkörper verwertet werden. So weiß man heute schon, daß die einzelnen Zuckerarten eine ganz verschiedene Assimilationshöhe besitzen. Füttert man über diese hinaus größere Mengen von Zucker, so geht dieser unzersetzt in den Harn und es entsteht auf diese Weise eine „glucosuria ex alimentatione". Es ist nicht ausgeschlossen, daß im Laufe der Zeit auch noch weitere Besonderheiten in der Verwertung der zuckerartigen Stoffe gefunden werden. So mag weiter darauf hingewiesen werden, daß die Rohfaser der verschiedensten Futterstoffe keineswegs als gleichwertig anzusehen ist. Es gibt Rohfaserarten, die äußerlich betrachtet sehr widerstandsfähig erscheinen, trotzdem aber vom Tier gut verwertet werden können, während umgekehrt verhältnismäßig weich erscheinende Rohfaser schlecht verdaut wird. Es müssen deshalb im strukturellen Aufbau der Rohfaser Unterschiede vorhanden sein, die wir zwar mit unseren chemischen Mitteln heute noch nicht erfassen können, die aber für den Stoffwechsel des Tieres von Belang sind.

Auch bei den Fetten ist eine biologische Wertigkeit anzunehmen. So haben eingehende Untersuchungen von *F. Honcamp* erwiesen, daß der bekannte Einfluß von Kokos- und Palmkernkuchen auf den Fettgehalt der Milch in erster Linie vom Fettgehalt der verfütterten Kuchen abhängig ist. Sehr weitgehend entfettete Ölkuchen hatten nur einen geringen Einfluß auf den Fettgehalt der Milch, während bei Verfütterung von Palmkernkuchen mit 16% Fett der prozentische Fettgehalt der Milch um 0,5% stieg, bei gleichbleibender Milchmenge. Noch höherer Fettgehalt der Ölkuchen brachte keine weitere Steigerung des Fettgehaltes der Milch. Wir haben also hier eine spezifische

Wirkung des Fettgehaltes ganz bestimmter Ölkuchenarten. Ob diese nun auf die Konstitution der Fette selbst oder auf begleitende Stoffe unbekannter Art zurückzuführen ist, läßt sich heute keineswegs sagen.

Eines der schwierigsten und am wenigsten geklärten Probleme der Tierernährungslehre ist die Frage nach dem Mineralstoffwechsel. Trotz einer Menge sehr wertvoller Arbeiten auf diesem Gebiete sind wir noch weit davon entfernt, einigermaßen klar zu sehen. Die Schwierigkeiten beruhen teilweise darauf, daß das Tier zur Ausscheidung von Mineralstoffen sich einmal der Nieren und zum anderen Teile des Darmes bedient. Es findet sich also im Kot neben nicht resorbiertem Material auch solches, welches bereits im Stoffwechsel des Tieres seine Rolle ausgespielt hat. Weiterhin wird man damit rechnen müssen, daß zum Ausgleich osmotischer Verhältnisse die verschiedenen Salze sich weitgehend vertreten können, während andererseits eine Vertretbarkeit im Stoffwechsel kaum angenommen werden kann. Wenn man auch vielleicht schon weiß, daß in der Ernährung der Tiere möglichst ein Säure-Basen-Gleichgewicht anzustreben ist, so hat dieses wohl zunächst nur mehr einen theoretischen Wert als unsere Kenntnis über den Mineralstoffgehalt der Futtermittel noch außerordentlich lückenhaft ist. Weiterhin wird die Frage der Mineralstoffversorgung unserer Tiere verwickelt dadurch, daß ihre Wirksamkeit auch noch von dem Vorhandensein anderer Stoffe (z. B. Vitamine) wesentlich beeinflußt wird. Es ist auch bekannt, daß nicht nur der Mineralstoffwechsel, sondern der ganze Stoffwechsel des Tieres überhaupt durch die Einwirkung natürlicher und künstlicher Lebensbedingungen (Sonnenlicht usw.) stark beeinflußt werden kann. Alle diese Gesichtspunkte ergeben, daß das Gebiet der Mineralstoffernährung noch voller wichtiger Fragen ist, welche zu bearbeiten und zu lösen Aufgabe der Tierernährungslehre sein wird.

Kurz erwähnt werden mögen auch die Vitamine, die in den letzten Jahren eine ganz besondere Bearbeitung erfahren haben. Es dürfte heute wohl so sein, daß die zeitweise etwas ängstliche Sorge um die Vitaminzufuhr einer ruhigeren Beurteilung Platz gemacht hat. Die Konstitution der Vitamine ist schon ziemlich weitgehend aufgeklärt. Darüber hinaus kennt man heute Vorstufen der Vitamine, die sog. Provitamine, die unter geeigneten Bedingungen im Tierkörper in das echte Vitamin übergehen und dann Vitaminwirkungen auslösen. Ganz besonders interessant sind die Ausblicke, die sich zu den Hormonen ergeben haben, und

zwar so, daß über das Provitamin bestimmte chemische Zusammenhänge im Aufbau mit den Hormonen sich erkennen lassen. Man geht wohl nicht zu weit, wenn man sagt, daß eine endgültige und übersichtliche Klärung dieses Forschungsgebietes sowie der chemischen und physiologischen Zusammenhänge der genannten Stoffe in absehbarer Zeit zu erwarten ist.

Diese wenigen Streiflichter über das Gebiet der Tierernährungslehre lassen wohl schon deutlich erkennen, daß hier eine Reihe wichtiger Aufgaben ihrer Lösung harren, und es wird der Anspannung unserer besten Kräfte bedürfen, um weitere Fortschritte zum Nutzen der Allgemeinheit zu erzielen.

Liegt die Holzverzuckerung im Interesse der deutschen Volkswirtschaft?

Von Prof. Dr. SPENGLER.

Wenn man die Tageszeitungen aller Schattierungen in den letzten Jahren aufmerksam verfolgt hat, so wird man finden, daß die Behandlung der Fragen „Zucker aus Holz nach dem *Bergius*-Verfahren", „Gewinnung von Alkohol nach dem *Schoeller*-Verfahren" und „Gewinnung von Futterhefe aus Holzzucker" darin einen breiten Raum einnehmen. Im Gegensatz zu dieser Zeitungsliteratur ist die wissenschaftliche Literatur über die gleichen Fragen an Umfang ganz erheblich geringer. Meines Wissens hat jedoch nach Vorträgen, die dieselben Themen behandelten, offenbar niemals eine Diskussion stattgefunden. Jedenfalls sind, soweit ich dies habe feststellen. können, gegenteilige Anschauungen niemals zu Wort gekommen. Bei meinen persönlichen Unterhaltungen mit namhaften Berliner Wissenschaftlern konnte ich immer wieder mit großem Erstaunen feststellen, daß diese nur wenig über die Bedeutung des Rübenbaues für die deutsche Volkswirtschaft wußten, und oft wurde mir während der Unterhaltung gesagt: „Das sind ja ganz wichtige Argumente, die Sie da vorbringen, von denen wir nur wenig wissen, und das müssen Sie einmal in aller Öffentlichkeit zum Ausdruck bringen." Ich habe es daher außerordentlich begrüßt, als ich von seiten des Vereins deutscher Chemiker aufgefordert wurde, einen Vortrag auf der heutigen Tagung zu halten.

Es ist wohl selbstverständlich, daß ich vor diesem Kreis nicht auf die Gewinnung des Holzzuckers eingehe, da ich das von *Willstätter* entdeckte und von *Bergius* technisch durchgebildete Verfahren als bekannt voraussetze. Im übrigen besteht wohl keinerlei Zweifel darüber, daß das Verfahren technisch weitgehend erprobt worden ist. Dagegen darf es wohl als sicher gelten, daß die Einführung der Holzverzuckerung in erheblichem Umfang den Interessen der deutschen Landwirtschaft abträglich sein muß. Mit Recht hat unsere nationalsozialistische Regierung dem deutschen Bauernstand wieder die Stellung zugewiesen, die ihm unbedingt gebührt. Die deutsche Landwirtschaft ist und bleibt eine der Hauptstützen unserer gesamten Volkswirtschaft, und in der Landwirtschaft kommt unter allen Feldfrüchten der Zuckerrübe die größte Bedeutung zu. Gerade gegen diese Rübe richtet sich das neue Verfahren. Wenn wir uns den Zuckerrübenbau aus unserer heutigen Landwirtschaft fortdenken, so wären

wir gezwungen, erhebliche Mengen an Nahrungsmitteln einzuführen, die wir jetzt selbst erzeugen. Es ist viel zu wenig bekannt, daß die indirekten Vorteile des Zuckerrübenbaues sehr groß sind, und zwar größer, als der Nichtfachkundige im allgemeinen weiß. Ich möchte Ihnen diese Tatsache an Hand einer Tabelle zeigen, die das von *Lilienthal* ermittelte Ergebnis der Einführung des Zuckerrübenbaues in acht Wirtschaften darstellt. (Abb. 1) In Wirtschaften, die den Rübenbau neu einführten, fand eine Ver-

DIE EINFÜHRUNG DES ZUCKERRÜBENBAUS BEWIRKT:

Eine Vermehrung

1. des Viehstandes im Verhältnis von 100 : 115
2. der Körnerproduktion im Verhältnis von 100 : 111
3. der Düngerproduktion im Verhältnis von 100 : 132
4. des toten Inventars im Verhältnis von 100 : 125
5. der Arbeitslöhne im Verhältnis von 100 : 141
6. der Reinerträgnisse im Verhältnis von 100 : 134

Abb. 1

besserung des Viehstandes im Verhältnis von 100:115 statt, die Körnerproduktion erhöhte sich um etwa 11%, und zwar ohne besonderes Zutun des Landwirtes. Diese Erhöhung der Körnerproduktion hat ihren Grund darin, daß die Rübe eine tiefere Bodenkultur verlangt als die anderen Früchte, und der Bauer erhält in den nächsten Jahren von seinem Acker etwa 11% mehr an Korn geschenkt. Die um 32% höhere Düngerproduktion bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung; für die Vermehrung des toten Inventars in Höhe von 25% gilt das gleiche. Die Arbeitslöhne in solchen Wirtschaften, die den Rübenbau neu einführten, liegen im Verhältnis von 100:141, und gerade dieser Punkt ist für

unsere heutige Zeit mit von ausschlaggebender Bedeutung. Der Rübenbau erfordert eben erheblich mehr Arbeitskräfte als der Anbau anderer Feldfrüchte. Als Endergebnis der Einführung des Rübenbaues sehen Sie in der letzten Reihe die Reinerträge um etwa ein Drittel wachsen, d. h. eine Landwirtschaft, die Rübenbau betreibt, bringt etwa 34% mehr an Werten ein. Diese von *Lilienthal* ermittelten Ergebnisse sind öfter nachgeprüft und im großen und ganzen immer wieder als richtig befunden worden.

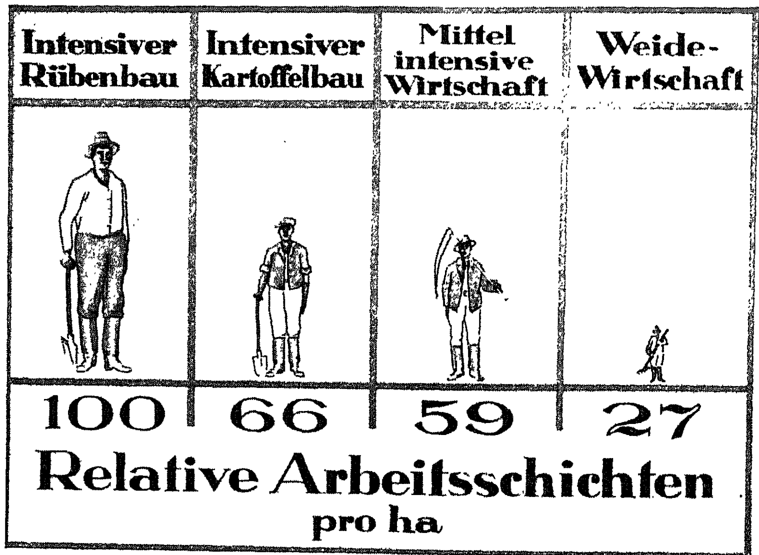


Abb. 2

Wenn die deutsche Landwirtschaft gezwungen werden würde, den Rübenbau ganz oder zu einem erheblichen Teil einzustellen, so bedeutete das für unsere Volkswirtschaft eine Katastrophe. Der Viehstand müßte zurückgehen und damit die Produktion an Fleisch, Milch und ähnlichen Produkten. Es könnten bei weitem nicht so viel Arbeiter beschäftigt werden, so daß die Zahl der Arbeitslosen sich vermehren würde.

Wie aus der Abb. 2 noch deutlicher ersichtlich, beansprucht der intensive Rübenbau im Vergleich zum intensiven Kartoffelbau erheblich mehr Arbeitskräfte. Während beim intensiven Rübenbau pro Hektar 100 relative Arbeitsschichten be-

nötigt werden, beansprucht ein intensiver Kartoffelbau nur 66 Arbeitsschichten, eine mittelintensive Wirtschaft nur etwa 59 Arbeitsschichten pro Hektar und eine Weidewirtschaft deren nur etwa 24. Diese Zahlen beweisen ganz eindeutig, daß bei einer wesentlichen Einschränkung des Rübenbaues die Arbeitslosigkeit zunehmen muß.

Wie schon erwähnt, ist der Rübenbau für unsere Ernährung von größter Bedeutung; ist doch die Zuckerrübe diejenige Frucht,

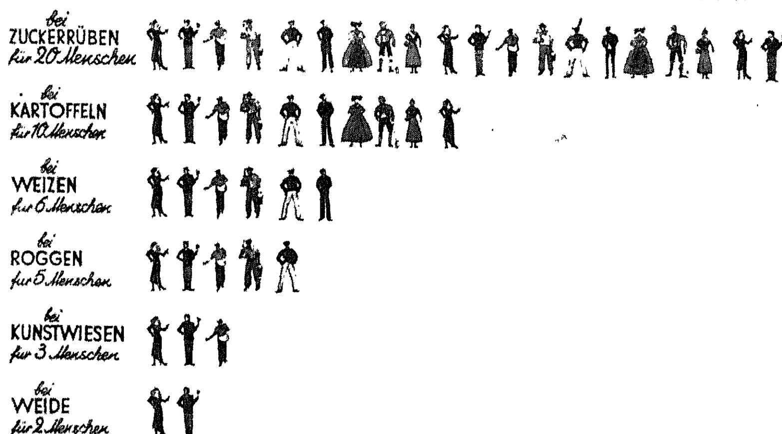


Abb. 3

die, auf die gleiche Flächeneinheit berechnet, die größte Menge an Nährwerten erzeugt. Die Abbildung 3 (nach *Rubner*) zeigt dies aufs augenfälligste. Die auf einem Hektar erzeugten Nährstoffe reichen beim Zuckerrübenanbau für 20 Menschen für ein Jahr aus. Beim Kartoffelanbau vermag man nur 10 Menschen zu ernähren, beim Weizenanbau nur 6, beim Roggenanbau nur 5 und beim Kunst-Wiesen- und Weidenbau nur 2—3 Menschen. Wenn ich noch einmal auf die Vermehrung der Erträgnisse bei Einführung des Zuckerrübenbaues zurückkommen darf, so kann ich Ihnen mitteilen, daß meine vorstehend gemachten Ausführungen durch die Erfahrung der letzten Jahre erhärtet worden sind. Wie

Sie wissen, ist die deutsche Landwirtschaft durch die Weltzuckerkrise gezwungen worden, den Rübenanbau einzuschränken, und zwar sind, um einige Beispiele herauszugreifen, große Wirtschaften Mitteldeutschlands genötigt gewesen, den Zuckerrübenbau im Wirtschaftsjahr 1932/33 fast gänzlich einzustellen. Der Besitzer einer großen, viele tausend Morgen umfassenden Wirtschaft Mitteldeutschlands hat mir in dankenswerter Weise die Erfahrungen mitgeteilt, die er durch die fast gänzliche Einstellung des Rübenbaues gemacht hat. Die mir überlassenen Zahlen beweisen, daß der Landmann ohne einen ausreichenden Rübenbau keine Rente aus der Landwirtschaft erwarten darf. In der gesamten Wirtschaft hat die sehr erhebliche Einschränkung des Rübenbaues eine Mindereinnahme von über 200000 RM. im Gefolge gehabt. Aber die Aufstellung zeigt ferner, daß nicht nur die Einnahmen durch den Fortfall des Rübenanbaues einen ganz beträchtlichen Ausfall aufweisen, sondern daß auch die Ausgaben in dem gleichen Jahr durch die fehlenden Rübenabfälle und die dadurch bedingten Futterzukäufe eine beträchtliche Erhöhung erfahren haben. Glücklicherweise war der Besitzer der großen Landwirtschaft in der Lage, im nächsten Jahr seinen Rübenanbau wieder wesentlich zu erhöhen. Eine zeitlich länger ausgedehnte Einschränkung des Rübenanbaues würde sich noch katastrophaler ausgewirkt haben, da der Boden erst allmählich wieder in den Zustand kommt, den er vor Einführung des Rübenanbaues hatte; die direkten Erträgnisse an Brotgetreide usw. würden im Laufe der Zeit allmählich absinken. Ähnliche Beobachtungen sind an den verschiedensten Stellen Deutschlands gelegentlich der Einschränkung des Rübenanbaues infolge von Kontingentierung gemacht worden.

Es erhebt sich nun die Frage: Vermag die Holzzuckererzeugung den Rübenbau zu beeinträchtigen? Diese Frage ist unbedingt mit Ja zu beantworten. Ich muß dabei wieder auf die schon erwähnte Zeitungsliteratur zurückgreifen. Immer und immer wieder wird dem deutschen Leser gesagt, durch die Verzuckerung des Holzes vermögen wir große Nährwerte für Menschen und Vieh zu schaffen. Da wäre zunächst der Futterzucker zu nennen. Liegt überhaupt ein Bedürfnis vor, Futterzucker zu erzeugen? Wer den Futtermittelmarkt kennt und insbesondere den Markt für kohlehydrathaltige Futtermittel, der weiß, daß wir in der Lage sind, die kohlehydrathaltigen Futtermittel im eigenen Lande auf eigener Scholle zu erzeugen. Der deutschen Zuckerindustrie fällt es schwer, ihre zuckerhaltigen Futtermittel

abzusetzen. In den Betriebsjahren 1931/32 hat die deutsche Zuckerindustrie etwa 1,7 Millionen Doppelzentner getrocknete Zuckerrüben, etwa 600000 Doppelzentner Steffenschnitzel und etwa 460000 Doppelzentner Futterzucker hergestellt. Die meisten dieser Futtermittel wurden von der Fabrik direkt an die rübenbauenden Landwirte abgegeben. Der Handel mit diesen Futtermitteln war, wie *Claassen* schreibt, „nur äußerst schleppend".

Es erhebt sich nun die Frage: Wie ist der Holzzucker ernährungsphysiologisch gegenüber dem Rübenrohzucker zu bewerten? Ist er minderwertiger, gleichwertig oder sogar als höherwertiger zu bezeichnen? Wenn *Bergius* in seinen ursprünglichen Berechnungen annahm, daß der Stärkewert des Holzzuckers etwa gleich 100 zu setzen sei, so mußte diese optimistische Annahme beim Kenner berechtigten Zweifel erregen. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß der Stärkewert des Holzzuckers mit etwa 80 einzusetzen ist. Damit ist der Stärkewert des Holzzuckers etwa der gleiche wie der des Rübenrohzuckers. In bezug auf den Stärkewert ist also zwischen beiden kein Unterschied vorhanden. In einer anderen ernährungsphysiologischen Hinsicht ist jedoch der Holzzucker gegenüber seinem Konkurrenten im Nachteil. Im Gegensatz zum Rübenrohzucker schmeckt der Holzzucker nicht oder doch kaum süß, es fehlt ihm also die allgemein wohlbekannte appetitanregende Wirkung auf das Vieh.

Für jeden Zentner Holzzucker, der als Futterzucker die Fabrik verläßt, muß ein Zentner Futterzucker aus Rüben weniger fabriziert werden. Es liegt also keine wirtschaftliche Notwendigkeit vor, Holzzucker zu erzeugen, da die Landwirtschaft und damit jeder einzelne von uns durch den verringerten Anbau an Rüben geschädigt wird.

Es ist von den Vertretern des Holzzuckers immer wieder betont worden, daß der Holzzucker nur für Futterzwecke hergestellt werden sollte. Dem widersprechen aber sämtliche den Reportern verschiedenster deutscher Tageszeitungen gemachten Angaben. Immer und immer wieder wurde den Besuchern der Versuchsanlage gezeigt, wie man aus dem rohen Holzzucker reine Glucose für Bonbons, Fondants und sonstige Nahrungszwecke herstellen kann. Wozu ein neues Kohlehydrat für menschliche Ernährung erzeugen, wenn die deutsche Landwirtschaft in der Lage ist, den Rübenzucker in mehr als ausreichender Menge zu gewinnen! Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf einige angeblich besondere Eigenschaften eingehen, die dem reinen Holz-

zucker, d. h. der Glucose beigelegt werden. Zunächst ist die Süßkraft der reinen Glucose im Vergleich zum Rübenzucker nur etwa die Hälfte von der des Rübenzuckers. In genauen Zahlen ausgedrückt, verhält sich die Süßkraft beider Produkte wie 56:100. Wenn in Zeitungsnachrichten dem reinen Holzzucker nachgerühmt wird, daß er unter allen kohlehydrathaltigen Nährstoffen den höchsten Nährwert habe, so zeugt diese Behauptung von mangelnder Sachkenntnis. Vergleicht man den Nährwert des Rübenzuckers mit dem des Holzzuckers, so ist der Nährwert des reinen Holzzuckers, auf wasserfreie Substanz bezogen, 5% geringer. Wenn weiterhin behauptet wird, daß die Bedeutung des Traubenzuckers darin liegt, daß er beim Genuß unmittelbar in die Blutbahn gelangt, so ist dies zwar richtig, aber dennoch irreführend insofern, als man vom Rübenzucker das gleiche sagen kann. Die Spaltung des Rohzuckers in Glucose und Fructose erfordert keinerlei Kraftaufwand, wie man dies zwischen den Zeilen der verschiedensten Artikel immer wieder lesen kann. Der menschliche Verdauungstraktus hat beim Genuß von Rohzucker also nicht mehr Arbeit zu leisten als beim Genuß von Glucose aus Holz.

Die Verwendung von reiner Glucose bringt auch der Hausfrau keinen Vorteil, da die Süßkraft dieses Monosaccharides, wie schon erwähnt, wesentlich geringer ist. Beim Süßen der Speisen muß die Hausfrau, um die gleiche Schmackhaftigkeit zu erzeugen, etwa doppelt so viel Glucose benutzen, als sie an Rübenzucker zu nehmen gewohnt ist.

Weiterhin ist in den letzten Jahren häufig die Behauptung aufgestellt worden, daß die Einführung der Holzzuckerherstellung einer großen Anzahl von Arbeitslosen Beschäftigung zu geben vermag. Das ist zweifellos richtig, dennoch liegt ein ganz grober Gedankenfehler vor. Auf der einen Seite wird einer Anzahl von Arbeitslosen Gelegenheit gegeben, Arbeit in der Holzzuckerfabrik zu erhalten, jedoch findet dafür auf der anderen Seite ungefähr die gleiche Anzahl Arbeiter in den Rübenzuckerfabriken keine Beschäftigung mehr, da der Holzzucker nicht zusätzlich verbraucht wird, sondern eine äquivalente Menge Rübenzucker vom Markt verdrängt. Leider lassen sich hierüber keine genauen Zahlenangaben machen, da naturgemäß Angaben über die Arbeiteranzahl in den künftigen Holzzuckerfabriken nicht zu erhalten sind. Daneben würde noch, wie ich eingangs zeigte, eine größere Anzahl von Arbeitern in der Landwirtschaft brotlos werden.

Alles in allem genommen, möchte ich sagen, daß die Herstellung von Holzzucker zwar für Zeiten der Not, wie Kriegszeiten, ein Interesse haben kann, daß jedoch in normalen Zeiten die Herstellung von Holzzucker in großem Umfang der deutschen Landwirtschaft und damit unserer gesamten Volkswirtschaft einen nicht unbeträchtlichen Schaden zufügen wird.

Über Futterhefe aus Holzzucker.

Von Dr. H. CLAASSEN.

Das Problem, Eiweiß durch Züchtung von Hefe herzustellen, tauchte zum ersten Male auf, als es *Henneberg* 1909 gelang, durch Zusatz von Ammonsalzen zu den damals üblichen Nährlösungen sehr eiweißreiche Hefen zu züchten. Diese Entdeckung führte *Delbrück* zu Anfang des Krieges zur Ausarbeitung eines Verfahrens, Hefen in großer Ausbeute und mit mittlerem Eiweißgehalt in sehr verdünnter Melassewürze unter Zusatz von Ammonsalzen und starker Lüftung zu züchten.

Über die nach dem *Delbrück*schen Verfahren aus Melasse unter Zusatz von Ammonsalzen erhaltene Ausbeute hat der Kriegs-Ersatzfutter-Ausschuß einen Bericht erstattet, aus dem hervorgeht, daß aus 100 kg Zucker in der Melasse 58 kg Trockenhefe mit 44% Eiweiß = 52 kg Hefetrockensubstanz mit 50% Eiweiß erhalten wurden mit einem Kostenaufwand von 65 RM. für die Rohstoffe und von 55 RM. für Fabrikationskosten für 100 kg Futterhefe.

Dabei ist aber zu berücksichtigen, was immer wieder nicht beachtet wird, daß in der Melasse auf 100 kg Zucker 10—12 kg für die Hefe assimilierbare Aminosäuren enthalten sind, die gleichzeitig Stickstoff- und Kohlenstoffquellen für die Hefe sind und während der Gärung und Lüftung zum größten Teil von ihr auf Eiweiß verarbeitet werden. Aus dem in der Melasse enthaltenen Zucker und den zugesetzten Ammoniaksalzen wurden daher wahrscheinlich nur etwa 45 kg Hefetrockensubstanz gebildet.

Auf Grund dieser Erfahrungen, durch welche die Unwirtschaftlichkeit des *Delbrück*schen Verfahrens der Futterhefeherstellung in normalen Zeiten ohne weiteres ersichtlich ist, sind nach dem Kriege weitere Versuche damit nicht gemacht worden.

Erst als die Verfahren zur Herstellung von Zucker oder Alkohol aus Holz ausgearbeitet wurden, kam man auf dieses Problem zurück, nachdem es sich zeigte, daß größere Mengen dieses Zuckers weder zu Futterzwecken, noch zur menschlichen Ernährung abzusetzen waren, und Alkohol zu Treibstoffzwecken nur solange ohne Verlust hergestellt werden kann, als die Branntweinmonopolverwaltung dafür einen Preis bezahlt, der vier- bis fünfmal so hoch ist als der jetzige Weltmarktpreis für Benzin.

Trotz der früheren mißglückten Versuche und trotz der Stimmen aus der Hefeindustrie, die eine solche Herstellung von

Futterhefe wirtschaftlich als völlig verfehlt bezeichneten, bleiben die Erfinder der Holzzuckerverfahren bei ihrer Ansicht, daß es doch schließlich möglich sein werde, Eiweiß in der Futterhefe in wirtschaftlicher Weise zu gewinnen.

Es ist allerdings richtig, daß in dem letzten Jahrzehnt große Fortschritte in der Züchtung von Hefen sowohl bezüglich der Ausbeuten, als auch bezüglich der Qualität durch eine richtige Ernährung, Einhaltung ganz bestimmter p_H-Werte, Arbeiten in starker Verdünnung mit Zulauf der Würzen und gut verteilter Lüftung erzielt wurden und weitere nicht ausgeschlossen sind. Aber es gibt eine Grenze für die Ausbeuten, die unmöglich überschritten werden kann.

Diese Grenze ergibt sich aus folgender Überlegung: Bei jeder Gärung, sowohl bei der alkoholischen als auch bei dem Lüftungsverfahren, wird der Zucker zunächst in Alkohol und Kohlensäure gespalten; nur der Alkohol bildet entweder in statu nascendi oder auch, nachdem er in die Nährlösung übergegangen ist, den Grundstoff für die Ernährung der Hefen, während die entsprechende Menge Kohlensäure entweicht. Von 100 kg vergärbarem Zucker können daher nur höchstens 51 kg in Form von Alkohol zum Aufbau der Hefesubstanz dienen, wenn der Nährlösung die nötigen Mengen Ammoniak, Phosphorsäure, Kali und andere Salze zugesetzt werden.

Da in 100 Teilen Hefetrockensubstanz 7—8 Teile Stickstoff und 8 Teile Aschenbestandteile, hauptsächlich P_2O_5 und K_2O, enthalten sind, so sind zur Verarbeitung von 51 kg Alkohol auf Hefetrockensubstanz ungefähr 4,5 kg Stickstoff in Form von 5,5 kg Ammoniak und 5,5 kg Phosphorsäure, Kali usw. der Würze zuzusetzen.

Die gesamte Menge der auf 100 kg Zucker in der Nährlösung enthaltenen assimilierbaren Nährstoffe beträgt daher 51 kg Alkohol + 5,5 kg Ammoniak + 5,5 kg Aschenbestandteile = 62 kg.

Diese 62 kg sind als die theoretische Höchstausbeute aus 100 kg vergärbarem Zucker anzusehen, wenn die Nährstoffe gänzlich und ohne Verluste von der Hefe aufgenommen werden könnten.

Tatsächlich sind aber Verluste, wie bei der Ernährung aller Lebewesen, nicht zu vermeiden, nämlich die Verluste durch die Atmung der Hefe, durch die Lüftung und besonders durch den Stoffwechsel.

Selbst die Hefen, welche den Alkohol leicht und schnell aufnehmen, wie Torula und wilde Hefearten, können ihn nicht so

schnell verzehren, daß nicht doch merkbare Mengen bei der starken Lüftung von etwa 30 m³ Luft auf 100 kg Zucker (oder mit weniger Luft, aber sehr feiner Verteilung derselben) in die Luft übergehen. Für die Atmung, bei der C zu CO_2 und überschüssiger H zu H_2O oxydiert wird, verbrauchen alle Hefearten erhebliche Mengen Alkohol, so daß der unabwendbare Mindestverlust an Alkohol 3% beträgt, in Wirklichkeit aber erheblich größer ist.

Unabwendbar ist auch der Verlust an Hefesubstanz durch den starken Stoffwechsel, der bei dem Sprossen und Wachsen der Hefezellen auftritt. Meine eigenen Versuche sowie Zahlen, die von anderen Hefefabrikanten gefunden wurden, ergeben, daß ungefähr 7% der während der Lüftung zugewachsenen Hefemasse wieder durch den Stoffwechsel in die Nährlösung ausgeschieden werden. Im vorliegenden Fall macht dieser Verlust auf 62 kg theoretischer Höchstausbeute 4,3 kg aus.

Der gesamte Mindestverlust ist daher 3 + 4,3 = 7,3 kg, so daß die praktische Höchstausbeute aus 100 kg angewandten Zuckers, dem Ammoniak und Salze im Überschuß zugesetzt werden, im günstigsten Falle 54,7 kg Hefetrockenmasse beträgt oder 60—61 kg Futterhefe mit 10% Wassergehalt. (Eine genaue Berechnung der möglichen Hefeernten findet sich in Z. Ver. dtsche Zuckerind. **84,** 713 [1934]).

Zur Herstellung von 100 kg Futterhefe mit einem Gehalt von 10% Wasser und 45% Rohprotein sind demnach nötig: mindestens 165 kg vergärbarer Zucker, 8 kg Stickstoff und 8 Teile Salze, besonders Phosphorsäure. Setzt man als Preise ein: für 100 kg Holzzucker 8 RM., also für 100 kg vergärbaren Holzzucker 11 RM., für 1 kg Stickstoff 0,70 RM. und für 1 kg Salze 0,35 RM., so betragen allein die Rohstoffkosten für 100 kg Futterhefe mindestens 26,55 RM., also mehr als das Doppelte von den Weltmarktpreisen für Ölkuchenmehle mit 50—52% Rohprotein.

Dazu kommen die Fabrikationskosten einschließlich der Trocknung der Hefe, die Kosten der Beseitigung der großen Mengen schädlicher Abwässer, die Handlungsunkosten, Zinsen und Abschreibungen, die, selbst wenn man Fabriken mit einer jährlichen Leistung von 50000 dz zugrunde legt, nach den Erfahrungen in den Lufthefefabriken mit mindestens 20—25 RM. je 100 kg Futterhefe eingesetzt werden müssen.

Besondere Kosten verursacht schließlich noch die Züchtung einer sehr wuchskräftigen Anstellhefe; denn es ist nicht zulässig, dauernd die im Betriebe erhaltene Verkaufshefe als Anstellhefe für weitere Vergärungen zu benutzen. Diese Anstellhefen müssen

Reinzuchten der als geeignet befundenen Heferassen sein und können nur in Nährlösungen gezüchtet werden, die erhebliche Mengen Stickstoff in Form von organischen Stickstoffverbindungen enthalten; solche Verbindungen, wie Auszüge aus Malzkeimen, aufgeschlossene Ölkuchenmehle usw., sind aber wertvolle Futterstoffe, so daß erhebliche Mengen eiweißhaltiger Futterstoffe verbraucht werden müssen, um Futterstoffe herzustellen, was auch wohl zu beachten ist. Die Kosten solcher Reinzuchthefen muß man mit 0,30 RM. je Kilogramm frischer Hefen mit 75% Wassergehalt oder 1,20 RM. je Kilogramm Trockensubstanz einsetzen. Da man mindestens 5% Stellhefe, gerechnet in Trockensubstanz, anwenden muß, so betragen die Kosten hierfür 6 RM. je 100 kg Futterhefe.

Die gesamten Herstellungskosten von 100 kg Futterhefe, die bei dieser auf Höchstausbeuten eingestellten Fabrikation zu einem Gemisch von Kulturhefen mit wilden Hefen führen muß, betragen im günstigsten Falle 55 RM. (siehe auch Z. Ver. dtsch. Zuckerind. **85**, 31 [1935]). Die Futterhefe ist also fünf- bis sechsmal teurer wie die eiweißreichen Ölkuchenmehle, z. B. Sojabohnenextraktmehl oder Erdnußkuchenmehl, die 25% mehr verdauliches Eiweiß und 20% mehr Stärkewerte enthalten.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß es nicht möglich sein wird, die von mir angenommene Höchstausbeute aus Zuckerlösungen und Ammoniak zu erreichen. Diesen Lösungen fehlen die organischen Pufferstoffe, die in den Melasselösungen in reichlicher Menge enthalten sind. Daher lassen sich in den reinen Zuckerlösungen die für die Vermehrung und das Wachstum günstigsten Wasserstoffionenkonzentrationen nur schwer dauernd gleichmäßig einhalten. Jede plötzliche Änderung derselben wirkt störend auf das Wachstum, so daß man im großen Betriebe höchstens mit Durchschnittsausbeuten von 55 kg Futterhefe auf 100 kg gärfähigen Zucker rechnen kann.

Unter diesen Umständen ist an eine wirtschaftliche Verwertung des Holzzuckers zur Herstellung von Futterhefe gar nicht zu denken. Neuere vergleichende Fütterungsversuche mit einer aus Kulturhefen versuchsweise hergestellten Futterhefe und mit Sojabohnenschrot haben auch ergeben, daß der Verdauungskoeffizient des Rohproteins der Futterhefe nicht höher, sondern etwas niedriger ist als der des Sojabohnenschrotes, und daß eine spezifische Wirkung der Futterhefe bei der Fütterung von Hammeln, Schweinen und Ochsen nicht beobachtet wurde.

Der Vorsitzende des VDI. hat bei der Tagung der Reichsgemeinschaft der Technisch-Wissenschaftlichen Arbeit gesagt, es sei die Aufgabe der RTA., dafür zu sorgen, daß die Ingenieurarbeit nicht durch schöne Vorschläge verwässert wird, und weiter: „Es liegt eine große Verantwortung darin, neue Vorschläge und Ideen vor die Allgemeinheit zu bringen, bevor man weiß, ob sie hieb- und stichfest sind." Ob die Pläne der Holzzuckerhersteller so sind, erscheint nach allem mehr als zweifelhaft.

Es wird jedenfalls immer ein vergebliches Bemühen bleiben, auf chemischem und biologischem Wege aus minderwertigen Erzeugnissen der Pflanzenwelt in wirtschaftlicher Weise hochwertige eiweißhaltige Futtermittel zu erzeugen, da gleichwertige oder sogar höherwertige Futterstoffe, wie Raps, Sojabohnen und Lupinen, billiger auf dem deutschen Acker gewonnen oder durch Einsilieren von Grünfutter erhalten werden können. Nur auf diese Weise kann erhofft werden, den Bedarf unserer Wirtschaft an Futtereiweiß in guter Beschaffenheit und billigst im Inlande zu erzeugen.